

TUGAS AKHIR - TE 141599

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNTUK MONITORING DAN
MANAJEMEN ENERGI PADA CHARGING STATION KENDARAAN
LISTRIK BERBASIS CAN BUS**

Giri Sasongko S S
NRP 07111645000001

Dosen Pembimbing
Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Daniar Fahmi, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNTUK MONITORING DAN
MANAJEMEN ENERGI PADA CHARGING STATION KENDARAAN
LISTRIK BERBASIS CAN BUS**

Giri Sasongko S S
NRP 07111645000001

Dosen Pembimbing
Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Danar Fahmi, ST., MT.,

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 141599

**DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR MONITORING AND
ENERGY MANAGEMENT AT CHARGING STATION OF ELECTRIC
VEHICLES BASED ON CAN BUS**

Giri Sasongko S S
NRP 07111645000001

Advisor
Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Daniar Fahmi, ST., MT.,

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electric Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Desain dan Implementasi untuk Monitoring dan Manajemen Energi pada *Charging Station* Kendaraan Listrik Berbasis CAN Bus**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Giri Sasongko S S
NRP 07111645000001

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNTUK MONITORING DAN
MANAJEMEN ENERGI PADA CHARGING STATION
KENDARAAN LISTRIK BERBASIS CAN BUS**

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Sistem Tenaga Listrik
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
NIP. 198109052005011002


Daniar Fahmi, ST., MT.
NIP. 198909252014041002



**SURABAYA
JULI, 2018**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNTUK MONITORING DAN MANAJEMEN ENERGI PADA CHARGING STATION KENDARAAN LISTRIK BERBASIS CAN BUS

Nama : Giri Sasongko S S

Pembimbing : Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.

Daniar Fahmi, ST., MT.

ABSTRAK

Teknologi kendaraan listrik saat ini mengalami perkembangan yang pesat. Kendaraan listrik menggunakan sumber energi yang berasal dari baterai. Hal itu menjadi keunggulan pada kendaraan listrik karena tidak menghasilkan gas buang. Baterai perlu proses pengisian muatan listrik yang akan digunakan sebagai sumber energi pada kendaraan listrik. Proses pengisian baterai memerlukan monitoring untuk mengetahui kondisi *cell battery* (sel baterai), *Battery Management System* (BMS), dan manajemen energi selama proses pengisian. Semua hasil monitoring ditampilkan pada suatu GUI (*Graphical User Interface*) yang memadai sehingga membantu pengguna saat melakukan proses pengisian. Desain sistem monitoring ini menggunakan topologi CAN Bus (*Controller Area Network Bus*) yang dapat melakukan komunikasi data secara serial. *USB to CAN* merupakan kontroler dalam topologi ini. Kontroler ini dapat menerima data yang dibaca oleh sensor dan mengirimkan data ke GUI yang dibuat. Selain itu dalam proses pengisian perlu dilakukan manajemen energi supaya proses pengisian muatan dapat dilakukan secara maksimal. Manajemen energi yang dilakukan dengan melakukan pengaturan pada bagian BMS. Hasil analisis pada sistem monitoring menunjukkan bahwa pengaturan BMS dapat mempercepat waktu pengisian. Waktu yang dibutuhkan proses pengisian tanpa pengaturan BMS selama 6536s, setelah dilakukan pengaturan hanya memerlukan waktu pengisian selama 3860s. Pengaturan BMS dilakukan dengan memperhatikan metode *constant current* dan *constant voltage*.

Kata Kunci : charging station, CAN Bus, Battery Management System, monitoring, constant voltage, constant current

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR MONITORING AND ENERGY MANAGEMENT AT CHARGING STATION OF ELECTRIC VEHICLES BASED ON CAN BUS

Name : Giri Sasongko S S
Advisor : Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Daniar Fahmi, ST., MT.

ABSTRACT

Electric vehicle technology is currently experiencing rapid growth. The electric vehicle uses an energetic source derived from the battery. It becomes an advantage in electric vehicles because it does not produce exhaust gas. Batteries need charging process electric charge that will be used as energy source in electric vehicle. The battery charging process requires monitoring to determine the condition of cell battery (battery cell), Battery Management System (BMS), and energy management during charging process. All monitoring results are displayed on an adequate GUI (Ghrapical User Interface) that helps the user during the charging process. This monitoring system design uses CAN Bus topology (Controller Area Network Bus) which can perform serial data communications. USB to CAN is the topology in this topology. This controller can receive data read by the sensor and send data to the created GUI. In addition in the process of charging needs to be done energy management so that the charging process can be done maximally. Energy management is done by setting up the BMS. The results of the analysis on the monitoring system shows that the BMS setting can speed up the charging time. The required time of charging process without BMS setting during 6726s, after setting up only requires charging time for 3860s. BMS settings are done by observing the constant current and constant voltage methods.

Keywords: charging station, CAN Bus, Battery Management System, monitoring, constant voltage, constant current

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNTUK MONITORING DAN MANAJEMEN ENERGI PADA CHARGING STATION KENDARAAN LISTRIK BERBASIS CAN BUS

Selanjutnya penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan kepada semua pihak yang telah membantu dan memotivasi penulis selama proses pengerjaan tugas akhir, ucapan terimakasih diperuntukan kepada :

1. Ibu saya tercinta Ibu Asri Handayani yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, memotivasi, menyemangati dan mendo'akan penulis, sehingga proses pengerjaan tugas akhir dapat terlaksana dengan lancar.
2. Kedua kakak saya Novita Sri Subakti, S.T., M.Eng. dan Arga Oktaffa Sri Subakti, S.H. yang selalu memberi dukungan dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Saudara Johan Pratama Budi Santoso yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, memotivasi, menyemangati penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
4. Bapak Dimas Anton Asfani, S.T, M.T., Ph D. dan Bapak Daniar Fahmi, S.T, M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengarahan dan bimbingan dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro ITS, serta Bapak Dedet Candra Riawan, S.T., M. Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Sarjana Departemen Teknik Elektro ITS.
6. Seluruh Dosen Departemen Teknik Elektro ITS yang telah mendidik dan mengajarkan ilmu pengetahuan kepada penulis selama duduk dibangku kuliah.

7. Teman-teman Departemen Teknik Elektro ITS, khususnya teman dan rekan seperjuangan mahasiswa Lintas Jalur angkatan 2016 bidang studi Teknik Sistem Tenaga.
8. Saudara M. Ridwan, S.T., dan M Agus, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan arahan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga kebaikan yang telah diberikan oleh Bapak/Ibu, Saudara/i mendapat balasan dari Allah SWT.

Penulis berharap, semoga karya tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membutuhkan khususnya bagi kalangan mahasiswa yang mengambil jurusan Teknik Elektro bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Selanjutnya penulis pun menyadari, bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga koreksi dan masukan dari pembaca sangat diperlukan bagi kemajuan penulis.

Surabaya, **Juli 2018**

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
<i>ABSTARCT</i>	<i>iii</i>
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Laporan	5
1.7 Relevansi	5
BAB II TEORI DASAR	7
2.1 Kendaraan Listrik	7
2.2 Skuter Matik Listrik	7
2.3 Baterai	8
2.3.1 Kapasitansi Baterai.....	9
2.3.2 Proses <i>Charging</i> dan <i>Discharging</i> Baterai	9
2.3.3 Baterai Skuter Matik Listrik	10
2.4 <i>Charging Station</i>	12
2.5 <i>Baterai Management System(BMS)</i>	12
2.6 Metode Constant Current dan Constant Voltage	13
2.7 Controller Area Network (CAN).....	13
2.8 Komunikasi Serial.....	15
2.9 Software Qt Creator.....	16
2.10 Software Terminal V1.9.....	16

BAB III	DESAIN DAN IMPLEMENTASI MONITORING	
	<i>CHARGING KENDARAAN LISTRIK</i>	19
3.1	Konfigurasi Sistem.....	19
3.2	Konfigurasi <i>Hardware</i>	19
3.3	Modul Power Supply	20
3.4	Modul Baterai Management System.....	20
3.4.1	Master Board	21
3.4.2	Slave Board.....	29
3.5	Baterai Pack Li Ion up to 24 <i>cell</i>	33
3.6	<i>CAN to USB Board</i>	33
3.6.1	Minimum System Microcontroller	34
3.6.2	Modul FTDI & USB	34
3.7	Perancangan Software.....	35
3.7.1	Qt Creator 35.....	35
3.7.2	Terminal V1.9.....	39
3.8	Pengaturan Arus Masukan pada Baterai	39
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA MONITORING	
	<i>CHARGING BATERAI</i>	43
4.1	Pengujian dengan Alat Ukur.....	44
4.1.1	Data Pengujian <i>Cell Voltage</i> dengan <i>Avometer</i>	44
4.1.2	Data Pengujian <i>Pack Current</i> dengan <i>Clampmeter</i>	46
4.1.3	Data Pengujian <i>Temperature</i> dengan <i>Thermal Infrared</i>	48
4.2	Hasil dan Analisis Monitoring pada BMS	49
4.2.1	Hasil Monitoring <i>Temperature Board BMS</i>	53
4.2.2	Hasil Monitoring <i>Charging Current</i>	54
4.3	Hasil dan Analisis Monitoring Battery	55
4.3.1	Hasil Monitoring 24 Cell Voltage.....	56
4.3.2	Hasil Monitoring <i>Pack Voltage</i>	56
4.3.3	Hasil Monitoring SOC.....	58
4.3.4	Hasil Monitoring <i>Pack Current</i>	60
4.3.6	Hasil Monitoring Daya	62
4.3.7	Hasil Monitoring <i>Temperature Baterai</i>	64
4.3.5	Hasil Monitoring <i>Pack Capacity</i>	61
4.4	Analisis <i>Pack Current</i> dengan <i>Pack Voltage</i>	66
4.5	Analisis <i>Pack Capacity</i> dengan <i>Pack Voltage</i> dan <i>Pack Current</i> ...	66
4.6	Analisis <i>Temperature BMS, Temperature Battery</i> dengan <i>Pack Voltage</i> dan <i>Pack Current</i>	68

4.7 Analisis Pack Current dengan Daya yang Terpakai	70
4.8 Managemen Energi dengan Pengaturan BMS	70
BAB V PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
Daftar Pustaka	77
Lampiran.....	75

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 1.1 Metode Tugas Akhir.....	4
Gambar 2.1 Skuter Matik Listrik.....	7
Gambar 2.2 Baterai.....	8
Gambar 2.3 <i>Cell Batteray</i> dan Susunan Satu <i>Pack Batteray</i>	11
Gambar 2.4 Ilustrasi <i>Chargig Station</i>	12
Gambar 2.5 Modul BMS.....	13
Gambar 2.6 Ilustrasi Sistem Kerja CAN.....	14
Gambar 2.7 Tampilan <i>Software</i> Qt Creator.....	16
Gambar 2.8 Tampilan <i>Software</i> Terminal V1.9.....	17
Gambar 3.1 Konfigurasi Sistem Monitoring <i>Charging</i> Baterai.....	19
Gambar 3.2 Konfigurasi Modul dan Peralatan	20
Gambar 3.3 Rangkaian Modul BMS.....	20
Gambar 3.4 Minimum System STM32F405RGT7.....	22
Gambar 3.5 Voltage Regulator.....	23
Gambar 3.6 Rangkaian Pengkondisian Sinyal Thermistor.....	23
Gambar 3.7 Voltage Devider Sensor Arus.....	24
Gambar 3.8 Rangkaian CAN BMS	26
Gambar 3.9 Modul MRAM	27
Gambar 3.10 Modul <i>High Voltage Sensing</i>	27
Gambar 3.11 Modul Charge Control.....	28
Gambar 3.12 Modul <i>Input Charge Conditioning</i>	28
Gambar 3.13 Modul Main Contactor Control	29
Gambar 3.14 Modul LTC Pengukur Tegangan per Cell.....	30
Gambar 3.15 RC Filter BMS	31
Gambar 3.16 Rangkaian 1 Cell Passive Balancing	31
Gambar 3.17 Modul Opto Isolator.....	31
Gambar 3.18 Rangkaian Modul CAN to USB.....	33
Gambar 3.19 Modul Minimum System STM32F405.....	34
Gambar 3.20 Modul FTDI to USB.....	35
Gambar 3.21 Menu Text Editor pada <i>software</i> Qt Creator.....	36
Gambar 3.22 Menu Form Editor <i>Software</i> Qt Creator	36
Gambar 3.23 Hasil Pemrograman GUI.....	38
Gambar 3.24 <i>Software</i> Terminal V1.9.....	39
Gambar 3.25 Kurva <i>Charging Batteray</i> berdasar <i>Datasheet</i>	40
Gambar 4.1 Proses pengambilan data.....	43
Gambar 4.2 Konfigurasi Pengujian dengan Alat Ukur	44

Gambar 4.3 Pengujian Tegangan dengan Avometer.....	45
Gambar 4.4 Grafik Tegangan Hasil Monitoring dan Avometer.....	46
Gambar 4.5 Pengukuran Arus Menggunakan Clampmeter.....	46
Gambar 4.6 Grafik Arus Hasil Monitoring dan <i>Picometer</i>	47
Gambar 4.7 Grafik Temperature BMS Monitoring dan <i>Infrared</i>	49
Gambar 4.8 Kondisi Baterai sebelum Proses Charging.....	51
Gambar 4.9 Proses Logger.....	52
Gambar 4.10 Grafik Temperature Board BMS 1 dan 2.....	54
Gambar 4.11 Grafik Current Charging	55
Gambar 4.12 Grafik 24 Cell Voltage.....	57
Gambar 4.13 Grafik <i>Pack Voltage Baterai</i>	58
Gambar 4.14 Grafik Kenaikan SOC Baterai	59
Gambar 4.15 Grafik Pack Current Baterai.....	61
Gambar 4.16 Grafik Kenaikan Kapasitas.....	62
Gambar 4.17 Daya yang Terpakai Selama Charging.....	63
Gambar 4.18 Grafik Temperature Batteray.....	65
Gambar 4.19 Grafik Pack Current dengan Pack Voltage.....	66
Gambar 4.20 Grafik Kapasitas dengan Kenaikan Tegangan	67
Gambar 4.21 Grafik Pack Capacity dengan Pack Current.....	67
Gambar 4.22 Grafik Temperature dengan Pack Voltage.....	69
Gambar 4.23 Grafik Temperature dengan Pack Current.....	69
Gambar 4.24 Grafik nilai pack current dan Daya.....	70
Gambar 4.25 Grafik Arus dan Tegangan tanpa Pengaturan BMS.....	72
Gambar 4.26 Grafik Arus dan Tegangandengan Pengaturan BMS.....	72

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Spesifikasi Skuter Matik Listrik.....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Baterai Li-Ion NCR18650B.....	10
Tabel 4.1 Data Pengukuran Tegangan dengan Avometer.....	45
Tabel 4.2 Data Pengukuran Arus dengan <i>Picometer</i>	47
Tabel 4.3 Data Pengukuran Arus dengan <i>Thermal Infrared</i>	48
Tabel 4.4 Hasil Monitoring <i>Temperature BMS Board 1</i>	53
Tabel 4.5 Hasil Monitoring <i>Temperature BMS Board 2</i>	53
Tabel 4.6 Hasil Monitoring <i>Temperature BMS Board</i>	55
Tabel 4.7 Hasil Monitoring <i>Pack Voltage</i>	56
Tabel 4.8 Hasil Monitoring (<i>State of Charge</i>) <i>SOC</i>	59
Tabel 4.9 Hasil Monitoring <i>Pack Current</i>	60
Tabel 4.10 Hasil Monitoring <i>Pack Capacity</i>	61
Tabel 4.11 Hasil Monitoring <i>Temperature Pack Battery 1</i>	64
Tabel 4.12 Hasil Monitoring <i>Temperature Pack Battery 2</i>	65

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi saat ini menjadi kebutuhan utama manusia. Penggunaannya semakin meningkat dari waktu ke waktu. Sektor transportasi merupakan pengguna energi komersil terbesar kedua setelah sektor industri. Konsumsi energi yang digunakan pada sektor transportasi berupa BBM (Bahan Bakar Minyak). Di Indonesia penggunaan BBM pada sektor transportasi memiliki presentase sebesar 81% dari total konsumsi BBM. Jenis transportasi darat merupakan konsumsi tertinggi BBM, sekitar 89% konsumsi BBM digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi kendaraan. Hal ini berdampak pada meningkatnya penggunaan energi fosil dan mengakibatkan pencemaran udara. [1] Kendaraan listrik merupakan pengembangan teknologi transportasi yang mampu mengurangi penggunaan energi fosil.

Sumber energi pada kendaraan listrik menggunakan baterai yang dapat diisi ulang, sehingga baterai memerlukan proses pengisian muatan (*charging*) [2]. Pengisian muatan listrik pada baterai membutuhkan *charging station* (stasiun pengisian). *Charging station* perlu dilengkapi dengan *display* (tampilan) untuk memudahkan proses monitoring. Saat ini *display* yang ada belum dilengkapi dengan *interface* (antar muka) yang memadai. Pengguna membutuhkan *display* yang praktis saat proses pengisian baterai pada *charging station*. Sistem monitoring *charging station* memerlukan kontroler dan komunikasi untuk menunjang kerja sistem. Topologi CAN Bus (*Controller Area Network Bus*) yang dapat melakukan komunikasi secara serial dan dilengkapi dengan kontroler *USB CAN Bus Adapter* tepat digunakan untuk *charging* baterai kendaraan listrik [3].

Proses pengisian baterai erat kaitannya dengan banyaknya energi yang digunakan selama proses pengisian. Energi ini dipengaruhi oleh besarnya arus masukan (*Input*) yang berasal dari suatu sumber dan dialirkan menuju baterai. Energi juga dipengaruhi oleh besar tegangan pada baterai dan lama waktu pengisian. Maka perlu adanya suatu manajemen energi dengan melakukan pengaturan pada arus masukan baterai dengan memperhatikan kenaikan nilai tegangan selama proses pengisian. Semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar energi yang terpakai dalam proses *charging* baterai.

Pada tugas akhir ini, penulis membuat desain sistem monitoring pada proses pengisian baterai , membuat suatu *interface* untuk menampilkan data yang dimonitoring, dan memanagemen energi dengan mengatur besarnya arus masukan yang digunakan dalam proses *charging*.

1.2 Perumusan Masalah

Hal yang menjadi permasalahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana desain monitoring untuk *charging station* kendaraan listrik dengan menggunakan topologi *CAN Bus*
2. Bagaimana karakteristik dari proses *charging* berdasarkan data yang dimonitoring.
3. Bagaimana cara mengatur pemakaian energi yang digunakan pada proses pengisian dengan mengatur arus masukan pada baterai dan tegangan baterai.
4. Bagaimana cara menampilkan hasil monitoring proses *charging* pada suatu *display charging station*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan masalah dalam Tugas Akhir ini, maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pada bagian baterai parameter yang dimonitoring adalah tegangan disetiap *cell battery*, kapasitas pengisian, arus masukan baterai dan *temperature*.
2. Pada bagian *charger battery* nilai yang dimonitoring adalah *temperature board battery management system (BMS)*, arus keluaran *charger*,
3. *Software* yang digunakan untuk membuat *display application* adalah *QT Creator* yang ditampilkan *real time*. Data yang terukur direkam (*logger*) dengan *software Terminal*. Pengolahan data menggunakan *software Ms Excel*.
4. Kontroler yang digunakan adalah *USB CAN Bus Adapter* yang dikhususkan untuk kendaraan listrik dan prtoses pengiriman data menggunakan komunikasi serial.
5. Managemen energi dilakukan melalui pengaturan arus *charging* dengan memperhatikan besar kenaikan tegangan
6. Baterai yang digunakan dalam proses *charging* adalah *Li Ion* dengan karakteristik

7. Pada penelitian ini, penulis tidak melakukan perancangan *hardware*. Keseluruhan *hardware* telah tersedia dalam bentuk *module* yang kemudian dirangkai dalam proses pengambilan data.
8. Penulis berfokus pada perancangan *software* untuk keperluan *interface*, komunikasi dan monitoring data. Serta analisa pada data yang termonitoring.

1.4 Tujuan

Tujuan dari usulan Tugas Akhir ;

1. Mengetahui desain monitoring untuk *charging station* kendaraan listrik berbasis *CAN Bus*
2. Mengetahui karakteristik pada suatu proses *charging* baterai
3. Mengetahui cara untuk mengatur penggunaan energi yang dengan mengatur arus masukan baterai pada saat *charging*.
4. Mengetahui cara menampilkan hasil monitoring proses *charging* pada suatu *display charging station*

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan pada Tugas Akhir :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari paper dan buku yang sesuai untuk menunjang pengerjaan tugas akhir. Materi yang dipelajari yaitu :

- Baterai kendaraan Listrik
- *Baterai Management System (BMS)*
- *Karakteristik charging baterai*
- *CAN Bus* dan komunikasi serial
- Pemrograman *software Qt Creator* dan Terminal

2. Desain Sistem Monitoring

Menentukan desain sistem monitoring yang meliputi pemrograman *software*, komunikasi data, implementasi antara *software* dan *hardware* yang digunakan dalam pengambilan data. Serta pengaturan arus dalam proses *charging* untuk manajemen energi.

3. Monitoring dan Pengambilan Data *Charging*

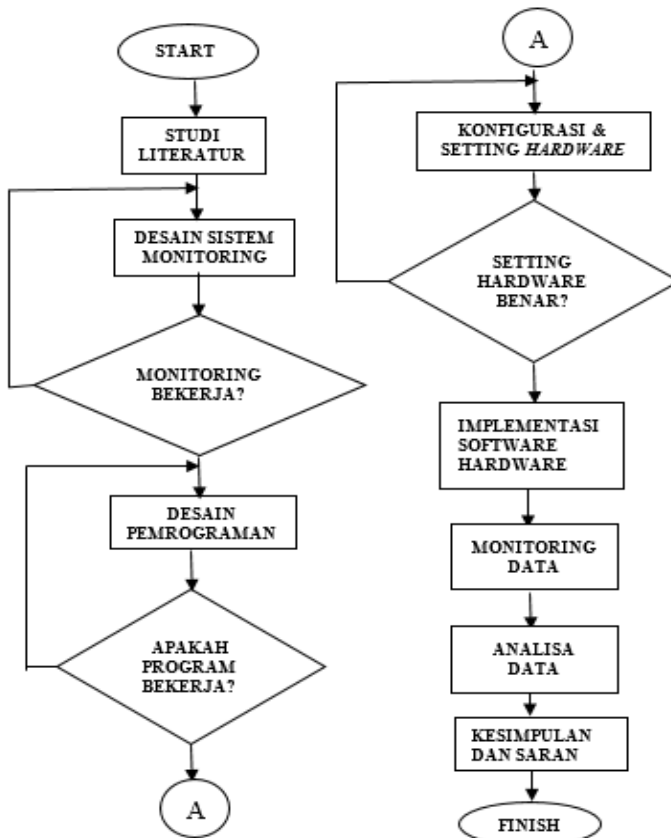
Melakukan pengambilan data dengan melakukan *charging* pada baterai Li Ion. Dengan menggunakan *software* dan *hardware* sesuai desain yang telah dibuat.

4. Analisis karakter *Charging* Baterai.

Melakukan analisa pada plot grafik berdasar data monitoring *charging*.

5. Penarikan Kesimpulan dan Penulisan Buku Laporan

Dari hasil analisa penulis dapat menarik kesimpulan jawaban dari permasalahan pada penelitian ini.



Gambar 1.1 Metode Tugas Akhir

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan, berisi tentang latar belakang, permasalahan dan batasannya, tujuan, metodologi, sistematika laporan dalam melakukan analisis dan menyusun laporan mengenai tugas akhir ini, dan juga relevansi yang ditunjukkan guna referensi dan pembelajaran sesuai dengan materi yang dibahas.

Bab II Dasar Teori

Bab ini menjelaskan secara umum teori mengenai baterai Li Ion yang digunakan pada penelitian, *software* Qt Creator, Terminal V1.9 dan karakter *charging*

Bab III Desain dan Implementasi Monitoring Charging Kendaraan Listrik

Pada bab ini membahas mengenai desain sistem monitoring, pemrograman *software*, implementasi *software* dengan *hardware*, komunikasi data, pengaturan arus untuk melakukan manajemen energi.

Bab IV Pengujian dan Analisis Data Charging Baterai

Berisi tentang data monitoring dan analisis mengenai data monitoring. Disajikan dalam bentuk .grafik dari proses *charging*.

Bab V Penutup

Pada bab penutup dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran

1.7 Relevansi

Diharapkan dari Tugas Akhir ini mendapatkan hasil yang dapat bermanfaat dan bisa digunakan sebagai referensi pada analisa selanjutnya.

1. Institusi :Tugas akhir ini membantu

mahasiswa untuk mampu melakukan desain monitoring *charging station*. Sehingga di masa mendatang dapat dikembangkan sebagai keterampilan yang dimiliki oleh mahasiswa.

2. Bidang Ilmu Pengetahuan :Tugas akhir ini membantu pengembangan bidang transportasi, khususnya pada kendaraan listrik. Sehingga di masa mendatang dapat diimplementasikan dan dikembangkan lebih baik lagi.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Kendaraan Listrik

Kendaraan listrik adalah kendaraan yang digerakkan dengan motor listrik DC, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi. Kendaraan listrik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar BBM secara umum. Hal yang paling utama adalah kendaraan listrik tidak menghasilkan polusi udara, selain itu kendaraan listrik juga mengurangi efek rumah kaca karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil sebagai penggerak utamanya.

2.2 Skuter Matik Listrik

Kendaraan listrik memiliki banyak jenis seperti mobil, motor, keeta dan jenis lainnya. Penelitian ini dilakukan pada skuter matik listrik. Skuter matik ini memiliki mesin bertenaga listrik dengan daya motor sebesar 5 KW. Untuk sekali isi ulang pengisian baterai, pengguna bisa mengendarai motor ini sejauh 80-100 Km sehingga cukup efisien dan bisa dijadikan alternatif bagi pengguna selain motor matic bermesin bensin. Skuter ini menggunakan baterai jenis Lithium Ion yang memiliki daya kapasitas hingga 5.000 WH dengan waktu pengisian antara 3 sampai 4 jam.

MONITORING SYSTEM

1Ghz Processor
CANBus
Communication
Real Time Operating
System



BATTERY PACK

5000 Wh Lithium Ion
2-4 charging time

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM

Designed for Lithium
Ion
Battery
Self Current
Balancing

MOTOR

5Kw rated
960 Volt Dc
3000rpm
15Nm

Gambar 2.1 Skuter Matik Listrik

Pada Tabel 2.1 berikut menunjukkan spesifikasi dari skuter matik listrik yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi Skuter Matik Listrik

No	Item	Keterangan
1	Battery Pack	5000Wh Litium Ion 3-4 hours charging time
2	Battery Management System	Design for Lithium Ion Battery Self Current Balancing
3	Monitoring System	1GHz Processor CANBus Communication Real Time Operating System
4	Motor	5Kw Rated 96Volt DC 3000Rpm 15Nm

2.3 Baterai

Baterai merupakan sebuah peralatan yang dapat mengubah energi. Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negative adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja.[4]



Gambar 2.2 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Kontruksi baterai terdiri dari kotak baterai yang didalamnya terdapat elektrolit asam sulfat, elektrode positif, dan elektrode negatif. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja atau single use dan baterai yang dapat di isi ulang atau rechargeable.

2.3.1 Kapasitansi Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Besarnya kapasitas, tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh besar / banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai..Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$Ah = \text{Kuat Arus (ampere)} \times \text{waktu (hours)} \quad (2.1)$$

Dimana : Ah = kapasitas baterai aki
I = kuat arus (ampere)
T = waktu (jam/sekon)

2.3.2 Proses *Charging* dan *Discharging* Baterai

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau rechargeable battery. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder

menghasilkan arus listrik adalah sama dengan baterai primer. Hanya saja, reaksi kimia pada baterai sekunder ini dapat berbalik (reversible). Pada saat baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal baterai (discharge), elektron akan mengalir dari negatif ke positif. Sedangkan pada saat sumber energi luar dihubungkan ke baterai sekunder, elektron akan mengalir dari positif ke negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis baterai yang dapat diisi ulang rechargeable battery yang sering kita temukan antara lain seperti baterai Ni-cd (Nickel-Cadmium), Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) dan Li-Ion (Lithium-Ion)

Kapasitas baterai juga menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (discharging) selama waktu tertentu, dinyatakan dalam Ah (Ampere – hour). Berarti sebuah baterai dapat memberikan arus yang kecil untuk waktu yang lama atau arus yang besar untuk waktu yang pendek. Pada saat baterai diisi (charging), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam ampere jam (Ampere - hour), muatan inilah yang akan dikeluarkan untuk menyuplai beban ke pelanggan.

2.3.3 Baterai Skuter Matik Listrik

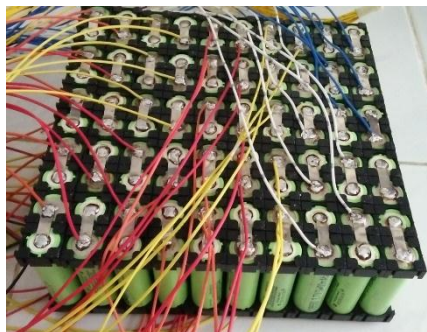
Penelitian ini menggunakan kendaraan skuter matik listrik. Baterai skuter ini menggunakan jenis baterai Li-Ion. Dengan *type* NCR18650B. Spesifikasi baterai Li-Ion pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Baterai Li-Ion NCR18650B

SPESIFICATION	
<i>Minimum Capacity</i>	Min.2500mAh
<i>Nominal Capacity</i>	Min.2600mAh
	Typ.3350mAh
<i>Nominal Voltage</i>	3.6V
<i>Charging Method</i>	Constant Current
	Constant Voltage
<i>Charging Voltage</i>	4.2V
<i>Charging Current</i>	Std.1300mA

<i>Discharge Current</i>		Std. 5200mAh
<i>Charging Time</i>		4.0hrs.
<i>Rated Capacity</i>	<i>Charge</i>	0.5C
	<i>Discharge</i>	2C
<i>Ambient Temperature</i>	<i>Charge</i>	10~+45°C
	<i>Discharge</i>	-20~+60°C
	<i>Storage</i>	-20~+50°C
<i>Weight Max</i>		47.5g
<i>Dimension Max</i>	D	18.25mm
		18.50mm
<i>Dimension Max</i>	H	65.10mm
		65.30mm
<i>Volumetric Energy Density</i>		676Wh/l
<i>Gravimetric Energy Density</i>		243Wh/kg

Penggunaan baterai pada skuter listrik tersususel baterai. Susunan baterai tersebut disusun secara seri dan paralel sehingga menjadi satu paket baterai. Gambar 2.3 Menunjukkan susunan *cell battery* dalam suatu *pack battery*. Gambar ini merupakan contoh dari *pack battery* yang terdiri atas 100 *cell* terpasang secara seri dan paralel. Namun setiap baterai memiliki desain dan jumlah *cell* yang berbeda.



Gambar 2.3 *Cell Battery dan Susunan Satu Pack Battery*

2.4 Charging Station

Charging station kendaraan listrik merupakan infrastruktur yang digunakan untuk pengisian sumber energi pada baterai kendaraan listrik. *Charging station* bisa diibaratkan sebagai stasiun pengisian bahan bakar namun terdapat perbedaan pada proses penyaluran sumber energi[5]. Pada *Charging station* akan dilakukan proses pengisian ulang baterai.



Gambar 2.4 Ilustrasi *Chargig Station*

Baterai yang digunakan bersifat *swappable* yang dapat dipasang, dilepas, dan ditukar apabila dalam kondisi habis atau untuk keperluan pengisian. Sumber energi listrik *charging station* kendaraan listrik berasal dari *grid* (PLN) dan panel surya (*photovoltaic*), sehingga sumber ini disebut *hybrid charging station*.

Pada penelitian ini proses monitoring *charging* tidak langsung pada *charging station* sehingga sumber berasal dari tegangan PLN yang kemudian diturunkan melalui sebuah *adaptor*. Sumber tersebut dirubah dari AC menjadi DC melalui sebuah *adaptor*, selanjutnya dialirkan menuju ke baterai.

2.5 Baterai Management System(BMS)

Battery Management System (BMS) adalah sebuah sistem/modul elektronik yang berfungsi untuk mengelola kondisi kerja baterai (khususnya baterai jenis lithium). Selain itu BMS juga mendukung sistem komunikasi data berbasis CAN Bus Serial. Sistem komunikasi data CAN Bus Serial memungkinkan dua atau lebih microprocessor untuk berkomunikasi dengan kecepatan transfer data hingga 1 Megabytes per detik serta dengan jumlah paket data yang sangat banyak. Sistem komunikasi data berbasis CAN Bus Serial sangat handal karena

tidak akan terpengaruh dengan gangguan jalur tegangan tinggi sehingga tidak akan mengakibatkan distorsi data pada saat transmisi data. Sampai saat ini komunikasi CAN Bus Serial dipakai diberbagai bidang teknologi termasuk di bidang Otomotif. Letak BMS umumnya pada *charger*. Pada gambar berikut ditunjukkan suatu modul BMS



Gambar 2.5 Modul BMS

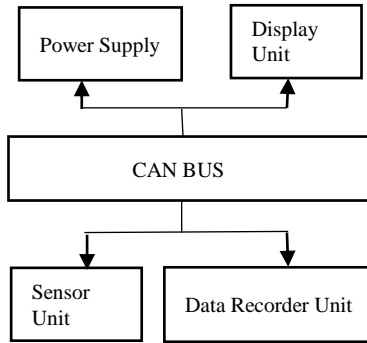
2.6 Metode Constant Current dan Constant Voltage

Terdapat dua metode dalam pengisian baterai yaitu *constant current* dan *constant voltage*. Kedua metode ini merupakan metode yang digunakan untuk pengisian ulang daya pada baterai agar terisi secara maksimal. Metode ini memiliki prinsip kerja ketika pada awal pengisian baterai akan diberi arus yang constant hingga mencapai batas tegangan pada batere yang sudah ditentukan. Setelah mencapai batas tegangan yang sudah ditentukan maka akan diberi tegangan yang constant hingga menyebabkan arus pada saat pengisian awal menjadi turun. Pada saat terjadi perpindahan dari *constant current* ke *constant voltage* harus ditentukan tegangan yang ditetapkan untuk melakukan prosese perpindahan tersebut.

2.7 Controller Area Network (CAN)

Controller Area Network (CAN) adalah protokol komunikasi bus serial yang dikembangkan oleh Bosch (produsen peralatan listrik di Jerman) pada awal 1980-an. Setelah itu, CAN distandarisasikan sebagai protokol standar untuk jaringan di dalam kendaraan pada industri otomotif. Awalnya industri otomotif, menggunakan pengendali yang berdiri sendiri untuk mengelola berbagai aktuatur dan subsistem

elektromekanik. Dengan CAN, semua jaringan elektronik dikendaraan, dapat dikontrol dari titik pusat, *Electrical Control Unit* (ECU), sehingga meningkatkan fungsionalitas, menambah modularitas, dan membuat proses diagnostik lebih efisien. CAN menawarkan protokol komunikasi yang efisien antara sensor, aktuator, pengendali, dan simpul lain dalam aplikasi waktu nyata, dan dikenal karena kemudahan, keandalan, dan kinerjanya yang tinggi.



Gambar 2.6 Ilustrasi Sistem Kerja CAN

Protokol CAN didasarkan pada topologi *bus*, dan hanya dua kabel yang diperlukan untuk komunikasi melalui *CAN Bus*. Bus memiliki struktur multimaster di mana setiap perangkat di bus dapat mengirim atau menerima data. Hanya satu perangkat yang dapat mengirim data kapan saja sedangkan yang lain menerima. Jika dua atau lebih perangkat mencoba mengirim data pada saat yang bersamaan, perangkat yang memiliki prioritas utama dapat mengirim datanya [3]. Dalam aplikasi kendaraan biasanya ada lebih dari satu *CANBus*, dan mereka beroperasi pada kecepatan yang berbeda. Perangkat lebih lambat, seperti kontrol pintu, kontrol iklim, dan modul informasi *driver* dapat dihubungkan ke *bus* kecepatan lambat. Perangkat yang membutuhkan respon lebih cepat, seperti *antilock braking system* (ABS), modul kontrol transmisi, dan modul *throttle* elektronik, terhubung ke *bus* kecepatan cepat. Dengan metode pengisian yang menerapkan keduanya diharapkan didapatkan suatu manajemen energi yang baik.

2.8 Komunikasi Serial

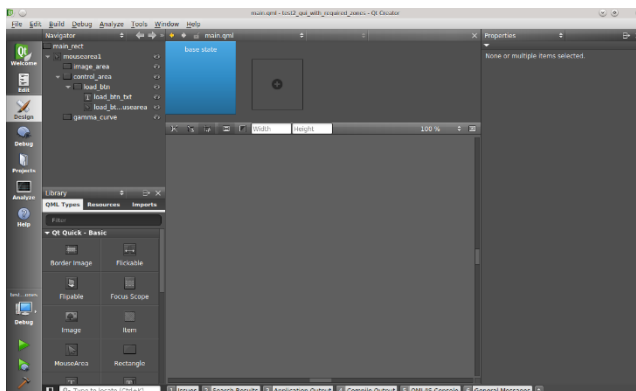
Komunikasi serial ialah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan), sehingga komunikasi serial lebih lambat daripada komunikasi paralel. Komunikasi Serial dapat digunakan untuk menggantikan Komunikasi Paralel jalur data 8-bit dengan baik. Tidak saja memakan biaya yang lebih murah, namun dapat digunakan untuk menghubungkan dua peralatan yang sangat jauh. Misalnya menumpang pada kabel telpon. Agar komunikasi serial dapat bekerja dengan baik, data byte harus diubah ke dalam bit-bit serial menggunakan peralatan yang disebut shift register parallel-in serial-out, kemudian data dikirimkan hanya dengan satu jalur data saja. Hal yang serupa dikerjakan pada penerima, dimana penerima harus mengubah bit-bit serial yang diterimanya menjadi data byte yang persis seperti data semula pada pengirim, dengan menggunakan shift register serial-in parallel-out.

Komunikasi data serial mengenal dua buah metode, yaitu synchronous dan asynchronous. Metode synchronous mengirimkan datanya beberapa byte atau karakter (atau disebut blok data atau frame) sebelum meminta konfirmasi apakah data sudah diterima dengan baik atau tidak. Sementara metode asynchronous data dikirim satu byte setiap pengiriman. Biasanya tidak dibutuhkan konfirmasi penerimaan data. Dari kedua jenis metode tersebut dapat dipilih dan dilakukan lewat program. Tentu saja dibutuhkan program yang baik dan teliti untuk melakukannya. Namun dewasa ini proses pengiriman data serial tersebut sudah dilakukan oleh sebuah chip tersendiri (Hardware). Salah satu chip disebut UART (Universal Asynchronous Reciever Transmitter) dan satunya lagi disebut USART (Universal Synchronous Asynchronous Reciever Transmitter).

Kecepatan tranfer data pada komunikasi data serial diukur dalam satuan BPS (bits persecond). Sebutan terkenal lainnya adalah baud rate. Namun Baud dan bps tidak serta merta adalah sama. Hal ini mengacu kepada fakta bahwa baud rate adalah terminology modem dan diartikan sebagai perubahan signal dalam satuan bit signal setiap detik. Sedang data tranfer rate penamaannya mengacu pada jumlah bit dari byte data yang ditransfer setiap detik. Sementara itu kecepatan transfer data (data transfer rate) pada komputer tergantung pada jenis komunikasi yang diberlakukan atasnya

2.9 Software Qt Creator

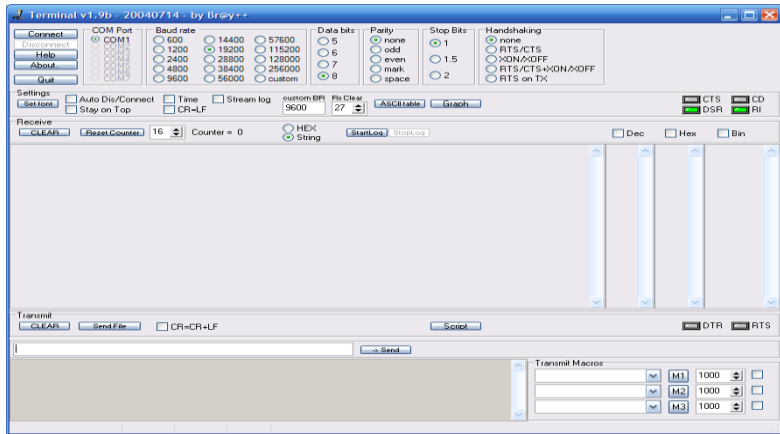
Qt Creator merupakan sebuah *software* yang berfungsi untuk mendesain dan membangun sebuah aplikasi *Graphical User Interface* (GUI) dengan suatu *interface* yang modern. *Widgets* dan *forms* yang dibentuk dengan Qt Creator terintegrasi dengan code program. *Software* Qt Creator merupakan *cross-platform C++ integrated development environment* yang merupakan bagian dari Qt SDK . Qt Creator mempunyai *debugger* dalam bentuk visual dan *layout* GUI serta tempat perancangan *form*. Teks editornya mempunyai fasilitas *syntax highlighting* dan *autocompletion*. Qt Creator menggunakan *compiler* C++. Untuk menjalankan program terdapat berbagai pilihan *build*, bisa pada sistem Windows atau OS Android. Melalui Qt Creator peneliti dapat membuat suatu *interface* untuk keperluan monitoring data.



Gambar 2.7 Tampilan *software* Qt Creator

2.10 Software Terminal V1.9

Monitoring data memerlukan suatu komunikasi untuk proses pengiriman data. Data yang didapat dari sensor kemudian diolah pada *controller* nantinya akan dikirim ke *software* Qt Creator. Untuk memfasilitasi komunikasi serial maka diperlukan suatu *software* yang dapat melakukan pengiriman data secara serial. *Software* Terminal V1.9 memiliki fungsi dalam proses pengiriman secara serial. Data monitoring yang ditampilkan pada *interface* secara *realtime*. Untuk keperluan analisa hasil monitoring, data tersebut akan direkam melalui proses *logger*. Proses ini menggunakan *software* Terminal V1.9



Gambar 2.8 Tampilan *software* Terminal V1.9

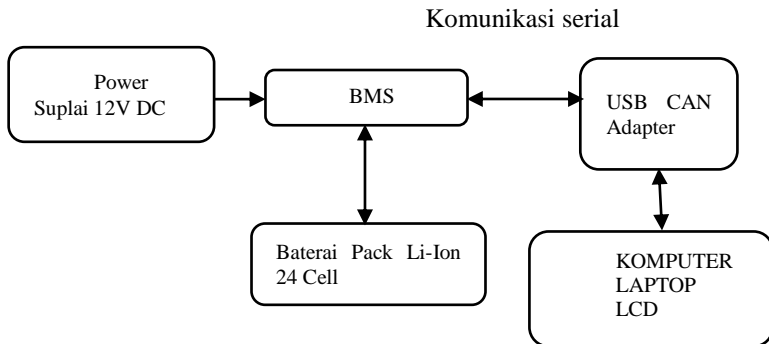
-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI MONITORING CHARGING KENDARAAN LISTRIK

3.1 Konfigurasi Sistem

Pada penelitian desain monitoring *charging* kendaraan listrik dan manajemen energi meliputi beberapa hal yaitu: desain *interface*, desain komunikasi data, konfigurasi modul, desain manajemen energi berdasar metode pengisian baterai, monitoring data, *logger* data dan Analisa hasil monitoring dan *logger*. Diagram monitoring dapat dilihat pada Gambar 3.1.

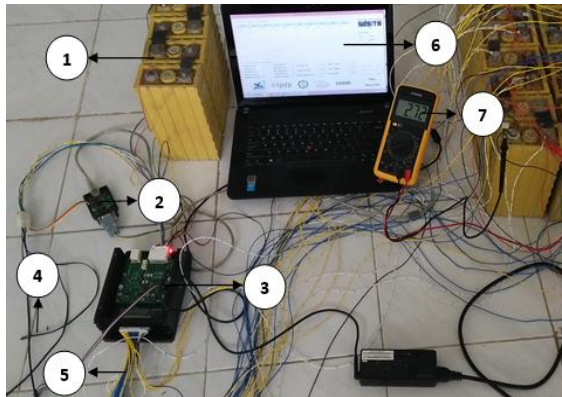


Gambar 3.1 Konfigurasi Sistem Monitoring *Charging* Baterai

3.2 Konfigurasi Hardware

Dalam tugas akhir ini, penulis tidak melakukan perancangan *hardware*. Keseluruhan *hardware* yang dibutuhkan dalam penelitian ini berbentuk modul. Namun peneliti harus melakukan konfigurasi sehingga semua modul dapat terhubung dengan benar sesuai desain. Selain itu perlu dilakukan setting dan konfigurasi dari setiap modul. Modul tersebut meliputi.

1. Power Supply input 12 Volt DC
2. CAN to USB
3. BMS up to 24 cell Baterai
4. Sensor Temperatur
5. Cell tap Voltage
6. Laptop untuk Monitoring
7. Avometer
8. Baterai Pack Li Ion 24 Cell



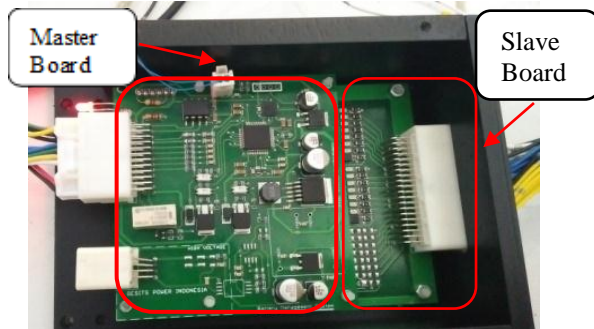
Gambar 3.2 Konfigurasi modul dan peralatan pada sistem monitoring

3.3 Modul Power Supply

Pada blok power suplai berfungsi untuk memberikan sumber daya pada modul BMS. Power suplai ini berasal dari tegangan keluaran PLN sebesar 220V. Kemudian diubah menggunakan trafo step-down sehingga menghasilkan tegangan sebesar 12V.

3.4 Modul Baterai Management System

Modul BMS yang digunakan memiliki 2 board yang terpisah yaitu Master Board dan Slave Board serta 1 Board Auxiliary yaitu CAN to USB. Pada *board* BMS didalamnya terdapat berbagai rangkaian yang mendukung kinerja sistem. Gambar 3.3 berikut menunjukkan modul BMS yang tersusun atas beberapa rangkaian.



Gambar 3.3 Rangkaian Modul BMS

3.4.1 Master Board

Master Board sebagai main Controller dari BMS yang berfungsi mengumpulkan data, mengolah data dan menampilkan data secara interaktif pada pemakai. Sesuai fungsi BMS yaitu sebagai Balancing, Monitoring maupun Safety Protection maka Master Board menggunakan Microcontroller STM32F405. Microcontroller ini dilengkapi dengan fitur Real Time Operating System yang memungkinkan melakukan multi tasking dengan handling timer mencapai 168Mhz. Master Board tersusun atas beberapa rangkaian. Rangkaian master board meliputi :

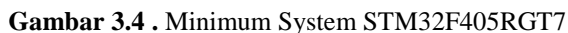
- *Modul Controller*
- *Modul Voltage Regulator*
- *Modul Pengukur Temperature*
- *Modul Pengukur Arus*
- *Modul Komunikasi*
- *Modul MRAM*
- *Modul High Voltage Sensing Conditioning*
- *Modul Charge Control*
- *Modul Input Charge Conditioning*
- *Modul Main Contactor Control dan FAN Control*

3.4.1.1 Modul Controller

Microcontroller yang digunakan adalah STM32F405RGT7 dimana fitur yang dimiliki sesuai dengan kebutuhan BMS ini. berikut beberapa fitur yang dimiliki Micro ini yang menunjang fungsi BMS :

1. Frekuensi kerja micro ini mencapai 168 Mhz sehingga sangat dimungkinkan untuk melakukan pengukuran dengan sample data yang cukup banyak. Selain itu, BMS akan semakin responsif dan akurat dalam melakukan balancing.
2. Analog to Digital Converter mencapai 12 bit, sehingga mampu melakukan pengukuran dengan resolusi yang sangat kecil.
3. Dilengkapi 2 Peripheral CAN yang dapat digunakan sebagai protocol komunikasi antar device.
4. Terdapat fasilitas peripheral SPI yang digunakan sebagai komunikasi dengan LTC6803-4. Chips LTC6803-4 memiliki fungsi untuk monitoring tegangan baterai per cell. IC ini dapat

5. Terdapat fasilitas peripheral USART yang digunakan sebagai komunikasi dengan PC atau Laptop untuk keperluan user interface.

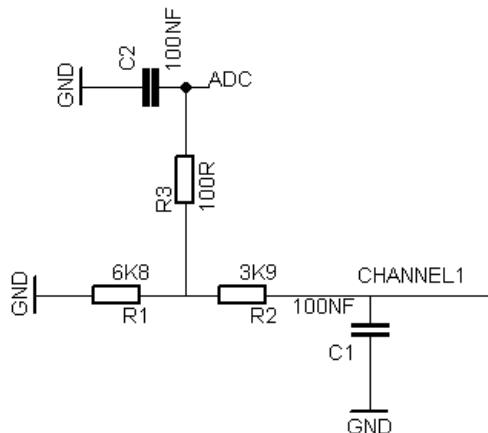


R1 merupakan hambatan senilai 10K Ω yang berfungsi sebagai pembagi tegangan terhadap hambatan thermistor. R2 bernilai 100 Ω dan C1 bernilai 100nF merupakan rangkaian RC Low Pass Filter. Temperatur maksimum yang didesain pada BMS ini adalah 100°C sehingga BMS ini memiliki resolusi temperatur 0.02°C. Resolusi diperoleh dari 100°C/4096 senilai dengan 0.02°C.

3.4.1.4 Modul Pengukur Arus

BMS ini menggunakan sensor arus LEM DHAB s/15. Sensor ini memiliki 2 Channel pengukuran dengan channel 1 dapat mengukur arus hingga 60A sedangkan channel 2 dapat mengukur hingga 600A. Sehingga perhitungan arus memakai channel 1 saat pengukuran masih dibawah 60A dan memakai channel 2 apabila pengukuran melebihi 60A. Transducer ini menggunakan Hall effect sensor untuk mengetahui perubahan arus yang mengalir, sehingga memiliki standard otomotif.

Output sensor arus ini adalah tegangan dengan level 5 Volt dan offset tegangan 2.5 Volt. Karena BMS ini menggunakan micro controller STM32F405RGT7 yang memiliki level tegangan referensi 3.3 Volt maka sebelum masuk ke pin ADC Output sensor ini perlu diberi rangkaian Signal Conditioning. Tegangan tersebut dapat dikondisikan dengan menggunakan voltage divider sesuai dengan gambar berikut :



Gambar 3.7 Voltage Devider untuk Pengkondisian Sinyal Sensor Arus

Gambar tersebut merupakan keseluruhan pengkondisian sinyal sensor arus LEM DAHB S/12. Capacitor 1 (C1) ini berfungsi sebagai Electromagnetic Compatibility (EMC) protection. R1 dan R2 berfungsi sebagai voltage divider yang berperan sebagai penurun sinyal tegangan sehingga tegangan tersebut pada level 3.3 Volt. R3 dan C2 berfungsi sebagai *RC Low Pass Filter*.

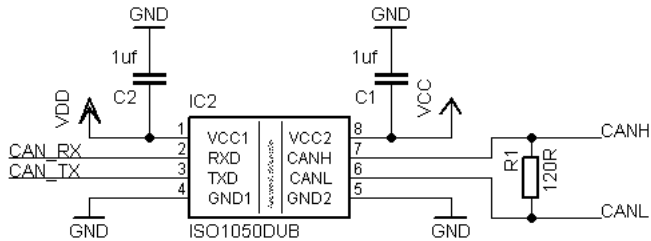
Sensor ini memiliki sensitifitas (G) 33.3 mV/A dengan resolusi sebesar 2.5 mV sehingga secara maksimal pengukuran ini memiliki resolusi sebesar 0.075A. Persamaan arus yang terukur (I_p) adalah sebagai berikut :

$$I_p = \left(V_{out} - \frac{V_c}{2} \right) \times \frac{1}{G} \times \frac{5}{V_c} \quad (3.1)$$

Dimana : V_c = 3.3 Volt
 G = 33.3 mV/A untuk Channel 1

3.4.1.5 Modul Komunikasi

BMS ini menggunakan komunikasi data CAN (*Controller Area Network*), yaitu komunikasi topologi Bus. IC yang digunakan adalah ISO1050DUB, komunikasi CAN merupakan standar otomotif yang memberikan fitur kecepatan pengiriman data hingga 1 Mbps dengan panjang jaringan hingga 50 m. Perangkat yang terhubung dengan jaringan CAN biasanya sensor, aktuator, dan perangkat kontrol lainnya. Komunikasi ini dipakai karena data yang ditransfer lebih tahan terhadap noise. Data yang ditransfer akan direpresentasikan berupa nilai logik (0 dan 1) dimana kombinasi nilai logik ini dapat dibaca melalui differensial tegangan pada pin CAN High dan CAN Low. Selain itu, perbedaan tegangan pada pin CAN High dan CAN Low bisa lebih dari 5 volt sehingga lebih tahan terhadap noise. Hebatnya, penggunaan CAN Bus ternyata bisa mengurangi kabel sepanjang 2 km dan mampu mengurangi berat kendaraan sebanyak 50 kg. Berikut rangkaian CAN BMS ini :



Gambar 3.8 Rangkaian CAN BMS

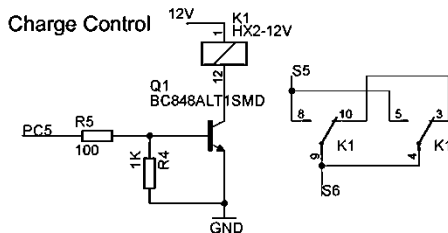
BMS ini menggunakan IC CAN ISO1050DUB untuk mengkonversikan level tegangan pada STM32F405RGT7 menjadi level tegangan 5 Volt yang akan diparalel dengan CAN yang lain. Resistor 120 berfungsi untuk menghindari terjadinya floating tegangan pada data CAN High dan CAN Low. Capacitor C1 dan C1 ini berfungsi sebagai stabilisator, sehingga power supply yang dimasukkan pada IC ISO1050 ini lebih stabil.

3.4.1.6 Modul MRAM

Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM) merupakan device penyimpanan menggunakan prinsip electromagnet sehingga memiliki fitur *Unlimited Write* dan *Read data*. Peneliti menggunakan external memori ini untuk memfasilitasi fungsi perhitungan kapasitas baterai yang diharuskan mengakses memori setiap 100ms. Internal Flash hanya digunakan sebagai memory data static, STM32F4 dapat melakukan re-write Flash sebanyak 10.000-1jt kali sehingga diperlukan MRAM ini. MRAM yang digunakan adalah tipe MR25H256CDC. MRAM menggunakan komunikasi SPI dan pada desain BMS ini memakai SPI2 karena SPI1 sudah dipakai untuk LTC.

3.4.1.8 Modul *Charge Control*

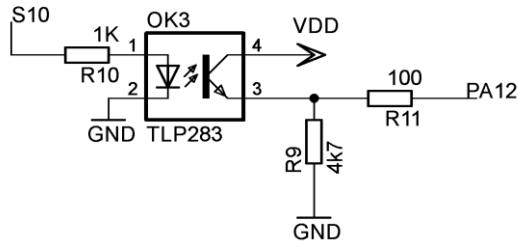
Charger yang ada dipasaran saat ini tidak semua yang dilengkapi dengan komunikasi CAN, sehingga untuk memproteksi baterai terhadap *over charge* diperlukan rangkaian pemutus signal pada charger. Rangkaian tersebut menggunakan relay dengan di drive transistor NPN BC848ALT1. Sedangkan untuk charger yang menggunakan CAN maka wiring CAN high dan CAN low dipasangkan langsung dengan BMS ini.



Gambar 3.11 Modul Charge Control

3.4.1.9 Modul *Input Charge Conditioning*

Signal yang menandakan proses charging dilakukan memiliki level tegangan 5-16 Volt DC sehingga perlu dikondisikan menjadi sinyal dengan level 3.3 Volt. Untuk itu BMS ini menggunakan Optocoupler tipe HMHA281.

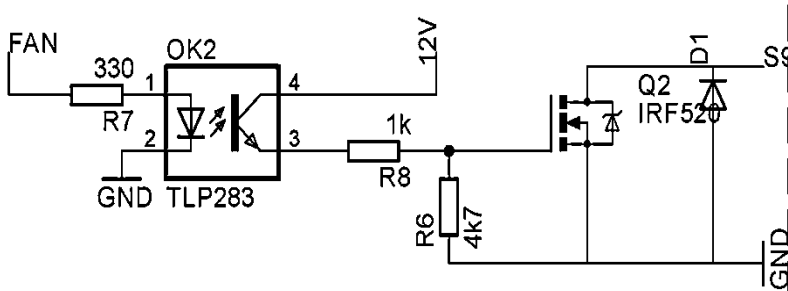


Gambar 3.12 Modul *Input Charge Conditioning* dengan Optocoupler

3.4.1.10 Modul Main Contactor Control dan FAN Control

Untuk memproteksi baterai pada kondisi over discharge maka diperlukan rangkaian Main Contactor Control. Apabila arus yang terukur melebihi kemampuan discharge baterai pack maka Main

Contactor akan diputus. Pemutus Contactor menggunakan Mosfet N Channel IRFR3806. Driver Mosfet ini menggunakan Optocoupler tipe HMHA281. Actuator kipas yang digunakan untuk membantu pendinginan baterai menggunakan rangkaian yang sama dengan Modul ini.



Gambar 3.13. Modul Main Contactor Control

3.4.2 Slave Board

Slave Board berfungsi sebagai Data Acquisition Delta Sigma Analog to Digital Converter 12 bit yang digunakan untuk mendeteksi tegangan per cell baterai. Masing-masing ground baterai terisolasi dengan prinsip Galvanic Isolation. Prinsip kerja Delta Sigma ADC adalah merubah data Analog tegangan cell menjadi data Digital dengan referensi selisih tegangan per cell tersebut, sehingga akan diperoleh ketelitian yang sangat baik. Melalui prinsip ini tegangan yang terukur dapat memiliki ketelitian 3 angka dibelakang koma, lebih tepatnya memiliki ketelitian 1.5 mV dan 0.25% Total Error Measurement. Berikut ini rangkaian penyusun Slave Board :

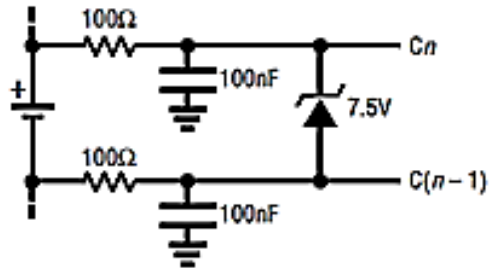
- Modul Pengukur Tegangan per *Cell*
- *Modul Balancing*
- Modul Opto Isolator

3.4.2.1 Modul Pengukur Tegangan per *Cell*

BMS ini menggunakan chips LTC6803-4 untuk memonitoring tegangan baterai per cell. IC ini dapat digunakan untuk melakukan pengukuran tegangan 24 cell baterai dengan maksimal tegangan per cell 4.2V, sehingga dapat digunakan untuk aplikasi BMS Lithium Ion. IC ini

Pengukuran tegangan menggunakan Delta Sigma ADC (*Analog to Digital Converter*) dengan resolusi 12 bit dan memiliki offset 0x200 (secara decimal senilai 512). Sehingga tegangan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Dimana DOUT adalah sebuah bilangan integer yang merupakan hasil konversi LTC6803-4. Sebagai contoh, tegangan input 0 volt akan mempunyai nilai pengukuran DOUT sebesar 0x200 (secara decimal senilai 512). Jika pembacaan ADC bernilai 0x000, maka berarti bahwa tegangan yang terukur adalah sebesar -0.768 volt. Tegangan pengukuran memiliki range antara -0.768 volt sampai 5.376 volt. Nilai V_{LSB} diperoleh dari perhitungan $(5.376+0.768)/2^{12}$ yaitu senilai 1.5 mV. Tegangan input diatas 5 volt akan menimbulkan noise pada pembacaan ADC.

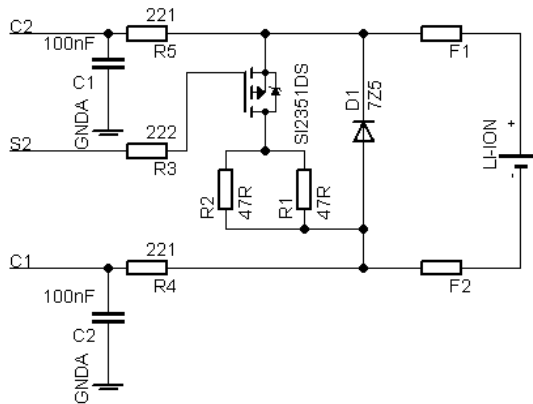


Gambar 3.15 RC Filter BMS

Total maksimum error pengukuran adalah sebesar 0.25%. Untuk mengurangi nilai error hasil pengukuran dapat digunakan rangkaian eksternal RC filter. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar. BMS ini menggunakan RC filter dengan $R = 200\ \Omega$ dan $C = 0.1\ \mu\text{F}$ sehingga error pengukuran tegangan cell memiliki range $0.1 - 1\ \text{mV}$.

3.4.2.2 Modul Balancing

BMS ini menggunakan passive balancing dengan switching Mosfet P channel berdasarkan tegangan per cell. Metode ini dipakai karena lebih simple apabila dibandingkan dengan *Active Balancing*. Skema passive balancing bms ini dapat dilihat pada gambar berikut :



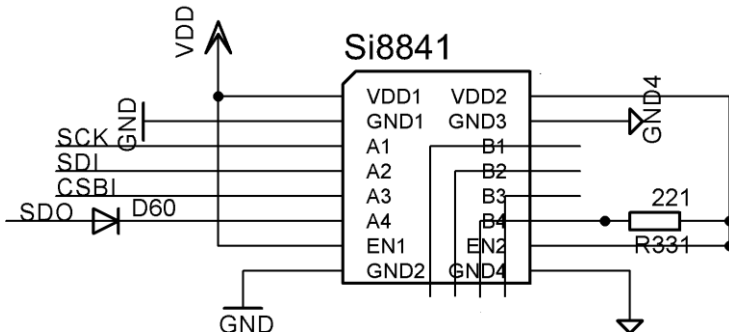
Gambar 3.16 Rangkaian 1 Cell Passive Balancing Menggunakan Mosfet

Rangkaian tersebut merupakan rangkaian passive balancing untuk 1 cell baterai. F1 dan F2 merupakan fuse yang digunakan sebagai pengaman circuit, apabila terjadi kegagalan pada BMS tidak akan merusak baterai. D1 merupakan diode Zener 7.5 Volt, diode ini sebagai pengaman ADC pada LTC6803-4. Tegangan yang diizinkan masuk pada pin C1 maupun C2 maksimal adalah 7.5 Volt (meskipun input melebihi 7.5 Volt). Apabila terjadi kesalahan pemasangan wiring (misalkan menyebabkan delta cell voltage nya melebihi 7.5 Volt) tidak akan merusak LTC6803-4. R5, R4 dan C1, C2 merupakan RC Low Pass Filter yang berfungsi untuk memperkecil error pengukuran pada LTC6803-4. R1 dan R2 merupakan Resistor bypass yang berfungsi membuang kapasitas cell baterai yang berlebih dalam bentuk panas. Mosfet yang digunakan adalah Si2351DS, merupakan Mosfet P-Channel yang memiliki kemampuan switching hingga 2 A 20 volt (datasheet Si2351DS). Mosfet ini akan diaktifkan oleh LTC6803-4 sesuai perintah dari MCU Master.

3.4.2.3 Modul Opto Isolator

Opto Isolator digunakan untuk mengisolasi 2 level tegangan yang berbeda sumber sehingga tidak salih terhubung namu dapat berinteraksi. Isolasi 2 level tegangan yang dimaksud adalah SCK, SDI, SDO dan CSBI antara Microcontroller dengan LTC. Digital Isolator yang digunakan adalah Si8441BB-D-IS1 yang memiliki fitur Quad Channel

Digital Isolator. Penggunaan Opto isolator ini sangat cocok karena sesuai dengan spesifikasi dimana isolator ini memiliki kecepatan operasi sebesar 150Mbs.



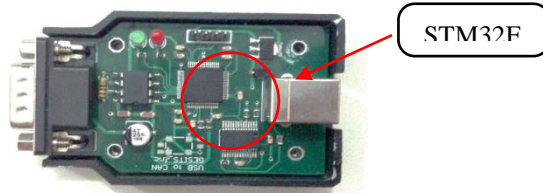
Gambar 3.17 Modul Opto Isolator

3.5 Baterai Pack Li Ion up to 24 cell

Baterai Lithium yang disusun secara seri, maksimal 24 cell baterai yang diseri. Jumlah Minimum Baterai pack sebanyak 8 cell yang diseri. Setiap cell paa baterai pack mampu menerima tegangan hingga 4.2 Volt Sehingga dari 24 Baterai pack memiliki range tegangan 22.4 – 100,8 Volt DC. Setiap cell akan meiliki teganagan. Keseluruhan tegangan dari setiap cell merupakan total pack voltage yang nantinya akan dimonitoirng.

3.6 CAN to USB Board

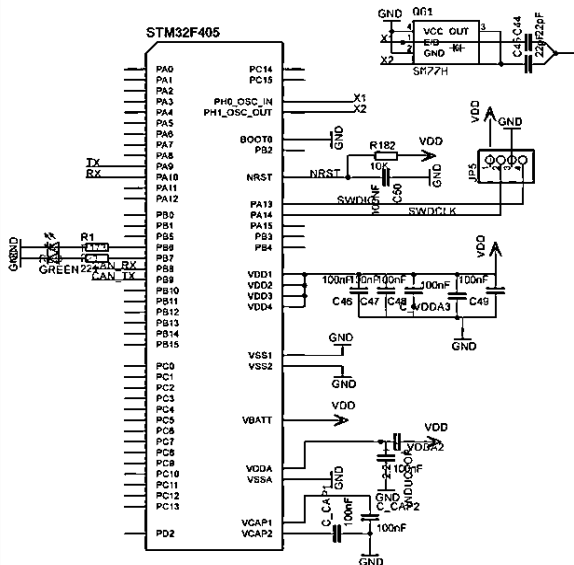
CAN to USB tersusun atas 2 modul. Modul tersebut berupa mikro yang digunakan pada CAN dan modul FTDI to USB yang berfungsi untuk merubah data USB yang berasal dari port USB menjadi data serial dengan level tegangan TTL. Gambar berikut merupakan modul dari CAN to USB



Gambar 3.18 Rangkaian Modul CAN to USB

3.6.1 Minimum System Microcontroller

Agar struktur program CAN to USB serupa dengan Board Master maka Microcontroller yang digunakan sama yaitu STM32F405RGT7. Letak perbedaannya pada pemakaian pin dan Peripheralnya. Pada CAN to USB hanya memakai pin USART sebagai komunikasi dengan PC, pin CAN sebagai komunikasi dengan Board Master dan Pin Output sebagai indikator LED. Berikut ini minimum system CAN to USB yang dimaksud :

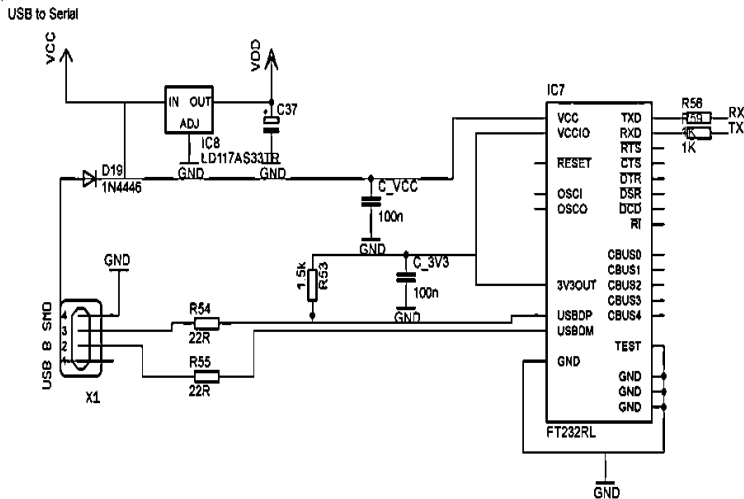


Gambar 3.19 Modul Minimum System STM32F405 pada CAN to USB

3.6.2 Modul FTDI & USB

Modul FT232 berfungsi untuk merubah data USB yang berasal dari port USB menjadi data serial dengan level tegangan TTL. Sehingga dengan menggunakan modul FT232 ini komunikasi data serial (UART) melalui port USB dapat dilakukan. Untuk instalasi software pendukung pada PC, telah tersedia software driver agar modul FT232 tersebut dapat digunakan sebagai “Virtual” port COM. Sehingga pada proses develop software untuk PC juga relatif mudah. Setting port COM “virtual” yang

digunakan dapat dirubah-rubah sesuai dengan kebutuhan. Modul komunikasi CAN pada board ini sama dengan rangkaian CAN pada board Master sesuai gambar 3.20



Gambar 3.20 Modul FTDI to USB

3.7 Perancangan Software

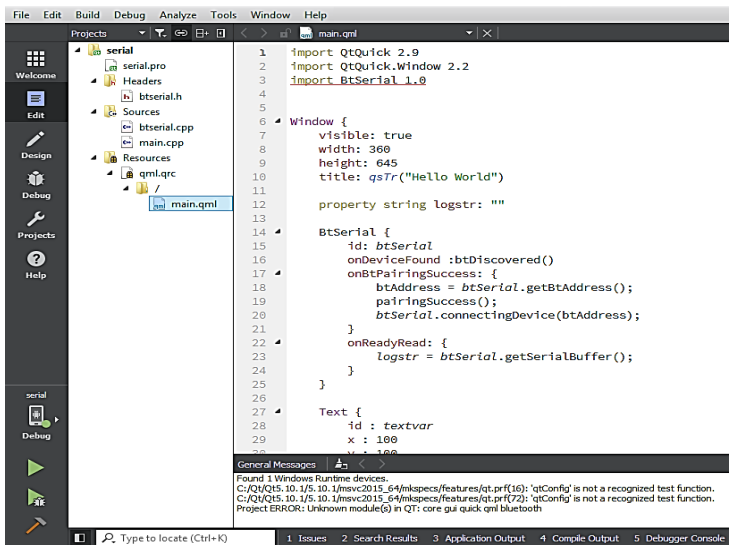
Konfigurasi *hardware* untuk dapat menjalankan fungsinya perlu dukungan perancangan program. Pada penelitian ini, penulis melakukan desain program pada *software* Qt Creator. Desain ini meliputi :

- Desain GUI pada bagian QML Qt Creator
- Desain pemrograman komunikasi serial pada bagian .h dan .cpp Qt Creator

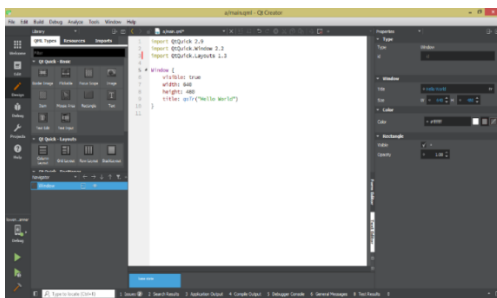
3.7.1 Qt Creator

Untuk dapat menampilkan hasil monitoring penulis melakukan desain *interface* dengan membuat suatu aplikasi GUI. *Interface* ini akan menampilkan berbagai data yang diambil oleh sensor dan diolah pada *controller*. Langkah pertama yang dilakukan penulis adalah membuat *interface* pada bagian QML Qt Creator. Bagian ini merupakan program inti dari GUI atau *interface* yang dibuat. Program ini berbasis bahasa C. Selain program utama berupa file QML, perlu dukungan program lain yang berisi *library* komunikasi serial beserta program pengiriman

datanya. Program ini merupakan program yang berisi perintah fungsi dan kelas. Bentuk file yang digunakanpun berbeda, yaitu .h dan .cpp yang berbasis C++ . Keseluruhan program dalam file yang berbeda akan saling berhubungan dan berjalan sesuai fungsi yang dibuat. Berikut ini merupakan gambar dari software Qt Creator dengan berbagai type file yang saling berhubungan.



Gambar 3. 21 Menu Text Editor pada *software* Qt Creator



Gambar 3.22 Menu pada bagian form editor Software Qt Creator yang berfungsi membuat aplikasi GUI

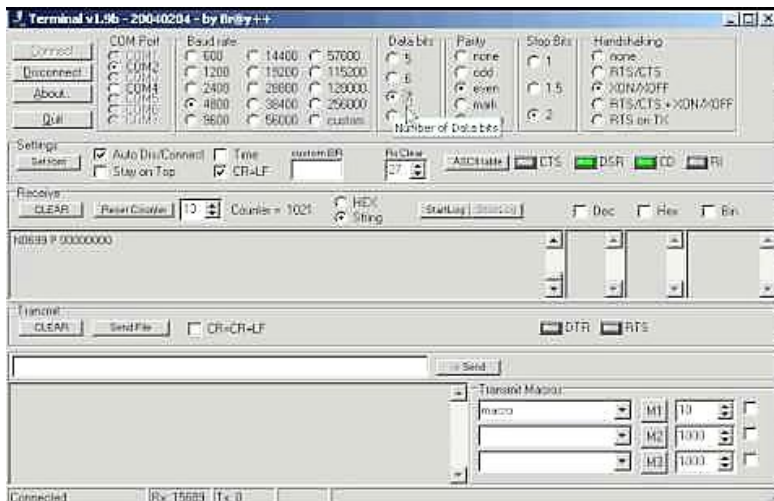
Data yang ditampilkan meliputi

- Cell voltage
- Pack voltage
- Pack Current
- SOC
- Daya
- Temperature Board (BMS)
- Temperature Baterai

GUI yang dibuat menampilkan data secara *real time* selama proses *charging*. Sehingga pada penelitian didapatkan monitoring dari awal hingga akhir proses *charging*. Berikut tampilan dari GUI yang digunakan dalam monitoring *charging*.

3.7.2 Terminal V1.9

Software Terminal V1.9 ini berfungsi dalam proses pengiriman data secara serial. Dan proses *logger* data. Metode *logger* diterapkan pada penelitian ini karena dibutuhkan rekam data selama monitoring berlangsung. Rekam data akan berguna untuk keperluan analisa hasil. Tidak perlu melakukan pemrograman pada *software* ini, hanya menyetting parameter-parameter yang diperlukan dalam proses komunikasi. Berikut ditampilkan bentuk *software* Terminal V1.9



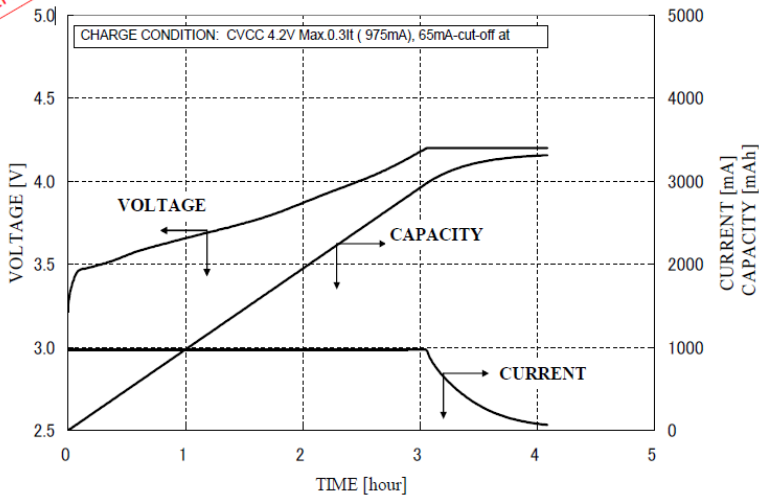
Gambar 3.24 *Software* Terminal V1.9

3.8 Pengaturan Arus Masukan pada Baterai

Baterai yang digunakan dalam penelitian memiliki karakter *charging* dan *discharging*. Berdasarkan *datasheet* dari baterai setiap parameter memiliki karakter kurva yang berbeda. Karakter tersebut meliputi parameter tegangan, arus, dan temperatur dari baterai maupun BMS board. Kurva *charging* seperti ditunjukan pada gambar berikut

ENTATIVE

Charge Characteristics for NCR18650B



Gambar 3.25 Kurva *Charging Battery* berdasar *Datasheet* [Lithium Ion, Panasonic NCR18650B]

Dari kurva yang ada pada *datasheet* penulis melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar energi yang terpakai selama proses *charging*. Dalam penelitian ini akan diatur besar pemakaian arus yang dialirkan ke baterai. Pengaturan pada pengisian baterai sendiri terdapat dua macam yaitu *constant voltage* dan *constant current*.

Untuk menaikkan tegangan secara continue dengan waktu yang lebih cepat perlu menggunakan arus yang lebih besar, namun arus tetap constant nilainya. Penggunaan arus secara constant ini dilakukan sampai dengan tegangan mencapai batas yang ditetapkan. Hal ini yang disebut sebagai *constant current*.

Apabila tegangan telah mencapai batas yang ditentukan. selanjutnya proses pengisian menggunakan metode *constant voltage*, dengan cara menjadikan besaran arus sebagai variabel. Nilai arus akan berubah semakin kecil hingga baterai terisi penuh. pada saat nilai arus berubah semakin kecil, kenaikan tegangan memiliki waktu yang lebih lama.

Bila melihat kurva pada gambar 3 besar arus yang digunakan untuk proses *charging* akan mempengaruhi lama waktu pengisian baterai. Hal ini akan berdampak pada berapa daya dan energi total yang dipakai selama proses pengisian. Hal ini sesuai dengan persamaan daya dan energi total. Daya listrik dinyatakan sebagai banyaknya energi listrik untuk setiap satuan waktu

$$P = V I \quad (3.2)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt atau Joule/sekon)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

$$P = \frac{W}{T} \quad (3.3)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt atau Joule/sekon)

W = Energi Listrik (Joule atau Ws)

T = Waktu (S)

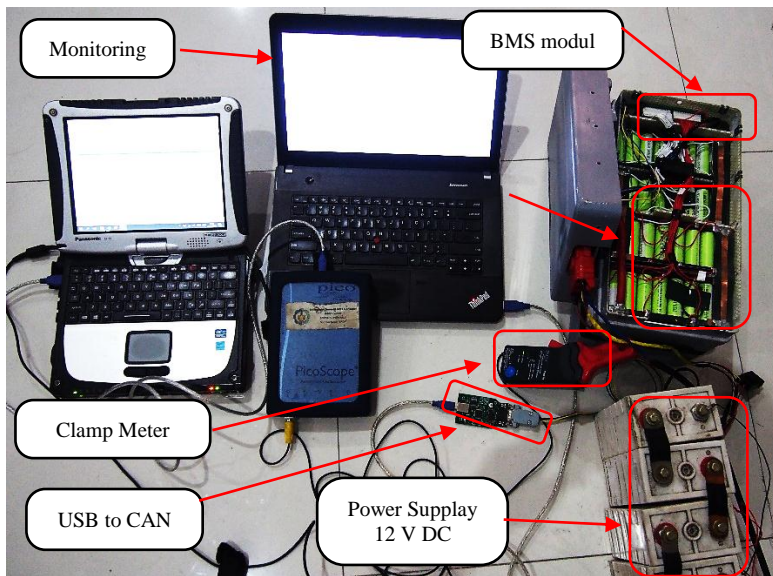
Selain itu penelitian ini juga membandingkan sistem monitoring yang digunakan dengan pengukuran secara langsung. Pada akhirnya akan didapatkan persentasi eror dari sistem ini. Pengukuran secara langsung menggunakan alat avometer untuk tegangan. Klamp meter untuk mengukur arus. Dan untuk mengukur temperatur.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA MONITORING CHARGING BATERAI

Pada bab IV ini berisikan pengujian data dan analisisnya. Pengambilan data dalam proses *charging* dilakukan dengan dua jenis pengujian. Pertama adalah pengambilan data secara langsung dengan menggunakan alat ukur. Kedua adalah pengambilan data menggunakan sistem monitoring yang telah didesain dengan menggunakan CANBus.



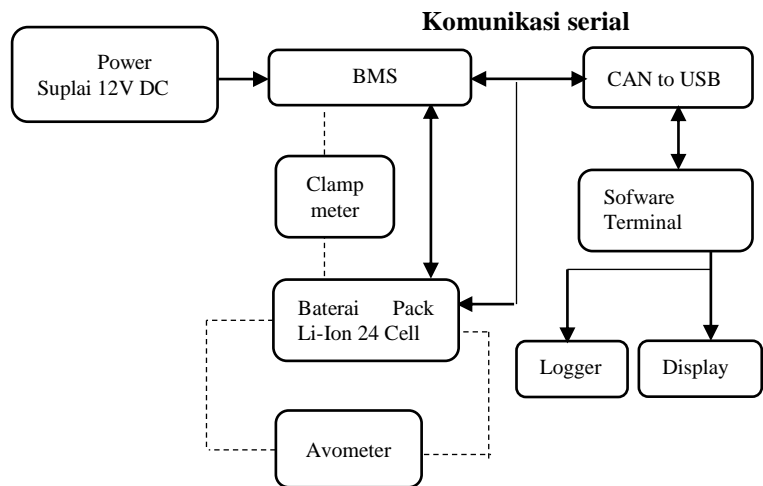
Gambar 4.1 Proses pengambilan data

Sistem monitoring pada proses pengisian baterai menggunakan aplikasi berbasis *Graphical User Interface* (GUI), dimana PC terhubung dengan sebuah kontroler melalui komunikasi serial dengan *third-party device*, yaitu CAN to USB adapter. Sistem ini akan memonitoring tegangan setiap *cell*, arus pada baterai dan kapasitas baterai. Data pada sistem monitoring ini kemudian ditampilkan secara numerik dan *real time*. Data tegangan yang dibaca oleh mikrokontroler akan dikirimkan ke PC melalui CAN to USB adapter. Data ini akan dikelola oleh

software monitoring dan ditampilkan dalam bentuk angka. Sistem monitoring ini juga dilengkapi fasilitas untuk mengatur banyaknya *cell* baterai yang akan dimonitoring, sehingga memudahkan kita untuk mengamati *cell* mana yang mengalami drop tegangan. Tahapan selanjutnya ialah proses logger dari data monitoring yang didapat secara *realtime*. Tujuannya untuk mendapatkan rekam data selama proses pengisian.

4.1 Pengujian dengan Alat Ukur

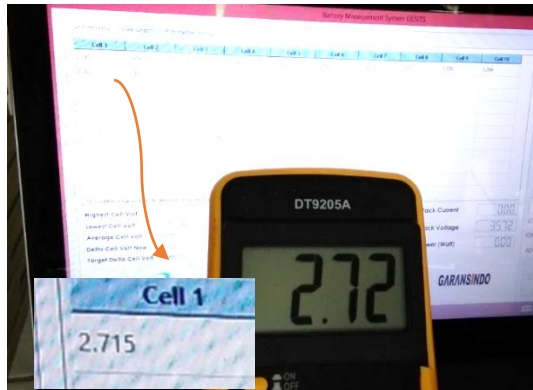
Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data dari *Pack Current*, *Cell Voltage* dan *Temperature* secara langsung menggunakan alat ukur. Alat ukur yang digunakan yaitu avometer untuk mengukur *Cell Voltage* baterai, picometer untuk mengukur *Pack Current* atau arus masukan pada baterai dan *camerainfrared* untuk mengukur temperature pada BMS dan baterai pack. Pengambilan data dilakukan pada proses pengisian baterai.



Gambar 4.2 Konfigurasi Pengujian dengan Alat Ukur

4.1.1 Data Pengujian *Cell Voltage* dengan Avometer

Pengujian dilakukam menggunakan Avometer . dengan cara mengambil data setiap10 detik Dari proses pengujian didapat data *cellvoltage* seperti yang ada pada Tabel 4.1



Gambar 4.3 Pengujian Tegangan dengan Avometer

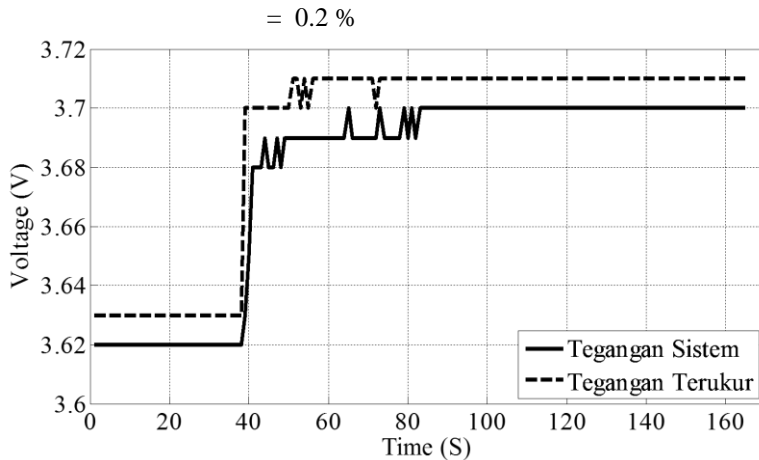
Tabel 4.1 Data Pengukuran Tegangan dengan Avometer

Waktu (S)	V Sistem	V Terukur	Waktu (S)	V Sistem	V Terukur
1	3.62 v	3.63 v	51	3.69 v	3.69 v
11	3.62 v	3.63 v	61	3.69 v	3.69 v
21	3.62 v	3.63 v	71	3.69 v	3.68 v
31	3.62 v	3.63 v	81	3.70 v	3.69 v
41	3.68 v	3.66 v	91	3.70 v	3.71 v
51	3.68 v	3.67 v	100	3.70 v	3.72 v

Data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.3 Sedangkan persen error dapat dihitung dari data pengukuran dan data sistem masing-masing data diambil nilai rerata. Selanjutnya disubstitusikan ke persamaan eror. Maka didapat perhitungan sebagai berikut :

$$e = \frac{X_{\text{Sistem}} - X_{\text{Pengukuran}}}{X_{\text{Pengukuran}}} 100\%$$

$$= \frac{3.68 - 3.69}{3.69} 100\%$$



Gambar 4.4 Grafik Tegangan Hasil Monitoring dan Avometer

4.1.2 Data Pengujian Pack Current dengan Clampmeter

Pengujian arus dilakukan menggunakan Clampmeter. Alat ini terdiri atas clamp yang berfungsi untuk mendeteksi besar arus yang melewati clamp. Clamp dikaitkan pada kabel yang menuju ke baterai pack. Sedangkan nilai arus yang terbaca oleh clamp akan di logger oleh modul picometer. Logger disetting dengan pengiriman sampling setiap 1 detik.

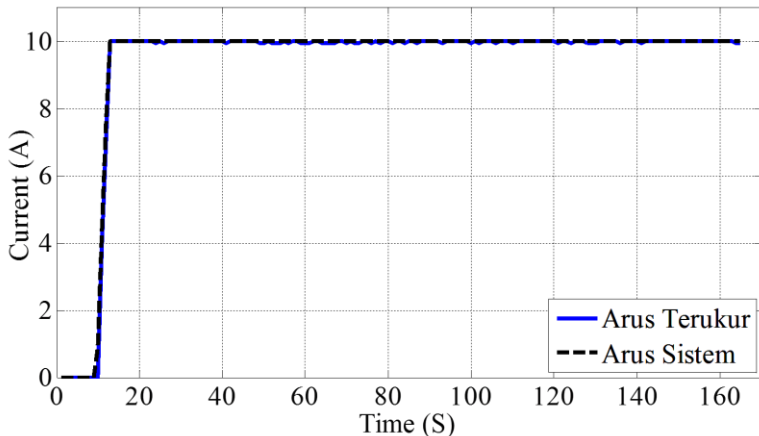


Gambar 4.5 Pengukuran Arus menggunakan Clampmeter

Tabel 4.2 Data Pengukuran Arus dengan *Picometer*

Waktu (S)	Arus Sistem (A)	Arus Terukur (A)	Waktu (S)	Arus Sistem (A)	Arus Terukur (A)
1	0.00 A	0.00 A	71	9.99 A	9.99 A
11	0.00 A	0.90 A	81	9.91 A	9.99 A
31	9.99 A	9.99 A	91	9.99 A	9.99 A
41	9.99 A	9.99 A	101	9.91 A	9.99 A
51	9.99 A	9.99 A	111	9.91 A	9.99 A
61	9.91 A	9.99 A	121	9.91 A	9.99 A

Hasil grafik dari data yang deiperoleh menggunakan alat ukur picometer seperti pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.6 Grafik Arus Hasil Monitoring dan *Picometer*

Persen error dapat dihitung dari data pengukuran dan data sistem masing-masing data diambil nilai rerata. Selanjutnya disubtitusikan ke persamaan eror. Maka didapat perhitungan sebagai berikut :

$$e = \frac{X \text{ Sistem} - X \text{ Pengukuran}}{X \text{ Pengukuran}} 100\%$$

$$= \frac{9.34 - 9.31}{9.31} 100\%$$

$$= 0.3 \%$$

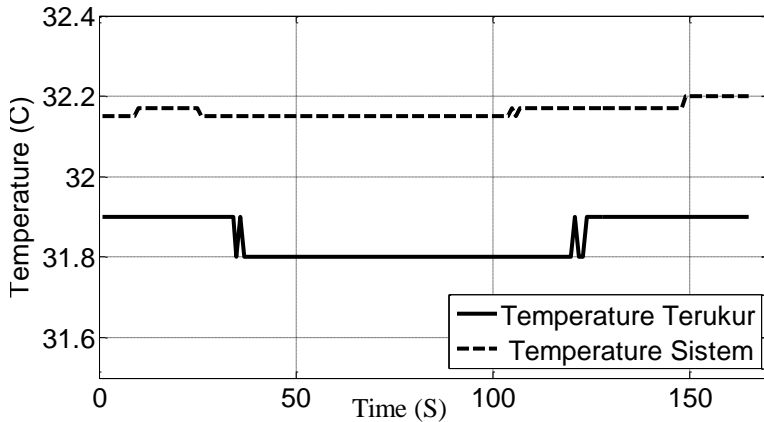
4.1.3 Data Pengujian *Temperature* dengan *Thermal Infrared*

Pengujian temperature menggunakan alat ukur thermal infrared. Alat ukur ini dilengkapi camera yang berfungsi menerima gelombang infrared dari benda yang akan diukurnya. Karena setiap benda memiliki gelombang Infrared yang berbeda sesuai dengan suhu benda tersebut. Pengujian dilakukan pada bagian BMS board. Data temperature BMS yang terukur tersimpan pada memori alat ini. Dari proses pengujian didapat data temperatur seperti Tabel 4.3 berikut

Tabel 4.3 Data Pengukuran Temperature dengan *Thermal Infrared*

Waktu (S)	Temp Sistem (°C)	Temp Terukur (°C)	Waktu (S)	Temp Sistem (°C)	Temp Terukur (°C)
1	31.9 °C	32.1 °C	71	31.8 °C	32.17 °C
11	31.9 °C	32.17 °C	81	31.8 °C	32.17 °C
31	31.9 °C	32.17 °C	91	31.9 °C	32.15 °C
41	31.9 °C	32.15 °C	101	31.9 °C	32.15 °C
51	31.8 °C	32.15 °C	111	31.9 °C	32.20 °C
61	31.8 °C	32.15 °C	121	31.9 °C	32.20 °C

Hasil grafik dari data yang diperoleh menggunakan alat ukur picometer seperti pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.7 Grafik Temperature BMS Hasil Monitoring dan *Infrared*

Pengambilan data ini didapat dari hasil monitoring dengan controler CANBus. Data yang dimonitoring akan ditampilkan pada GUI yang telah dibuat dan dilogger oleh *software TerminalVI.9*. Monitoring data dilakukan selama proses pengisian dengan pengambilan sampel data setiap 1 *sekon*. Hasil logger nantinya akan dianalisa dan di plot pada suatu grafik menggunakan *software* matlab, sehingga dapat dilihat karakter kurva dari data yang diperoleh selama proses pengisian.

4.2 Hasil dan Analisis Monitoring pada BMS

Data yang ditampilkan pada sub bab ini merupakan data baterai dengan kondisi memiliki sisa muatan. Gambar 4.8 merupakan tampilan GUI dari baterai sebelum dilakukan pengisian.

Pada gambar 4.8 kondisi SOC sebesar 21.8 %. Diketahui dari data logger SOC yang paling awal bernilai 21.8%. Hal itu menunjukan bahwa baterai masih terdapat muatan sebesar 21.8%. Pada gambar tersebut bernilai 0.0 karena proses pengisian dan logger belum dimulai. Proses pengisian dilakukan sampai kondisi baterai mencapai SOC 100%. Kondisi baterai terisi 100% setelah melakukan proses pengisian selama 2 jam 42 menit 6 detik.

GUI yang didesain menampilkan data secara *real time* untuk memperoleh data secara lengkap dilakukan proses *logger* dengan waktu pengiriman sampling setiap 1 detik. Sehingga selama proses *logger*

diperoleh data sampling sebanyak 9726 data. Data *logger* dikirim dengan memperhatikan urutan, sesuai listing program pada komunikasi serial. Gambar 4.9 menunjukkan proses logger menggunakan software Terminal V1.9

Setiap detik akan dilakukan proses pembacaan data oleh seluruh sensor, data tersebut kemudian diolah oleh modul CAN. Proses berikutnya ialah pengiriman data ke interface GUI yang telah diprogram. Satu kali proses pengiriman terdapat satu paket data yang dikirim. Paket tersebut berisi data-data hasil pembacaan sensor dan merupakan data yang ditampilkan pada GUI. Interface ini dibuat menggunakan *software Qt Creator*. Hasil interface seperti pada Gambar 4.7

Dari proses *logger* keseluruhan data akan diplot menjadi suatu grafik dan digunakan untuk keperluan analisa. Dalam satu paket data terdapat 35 data yang dikirim. Urutan dan isi data pada proses logger pada Gambar 4.8 yaitu

Charging current	Discharge Max	Total capacity	Cell1	Cell2	Cell3	Cell4
1	2	3	4	5	6	7

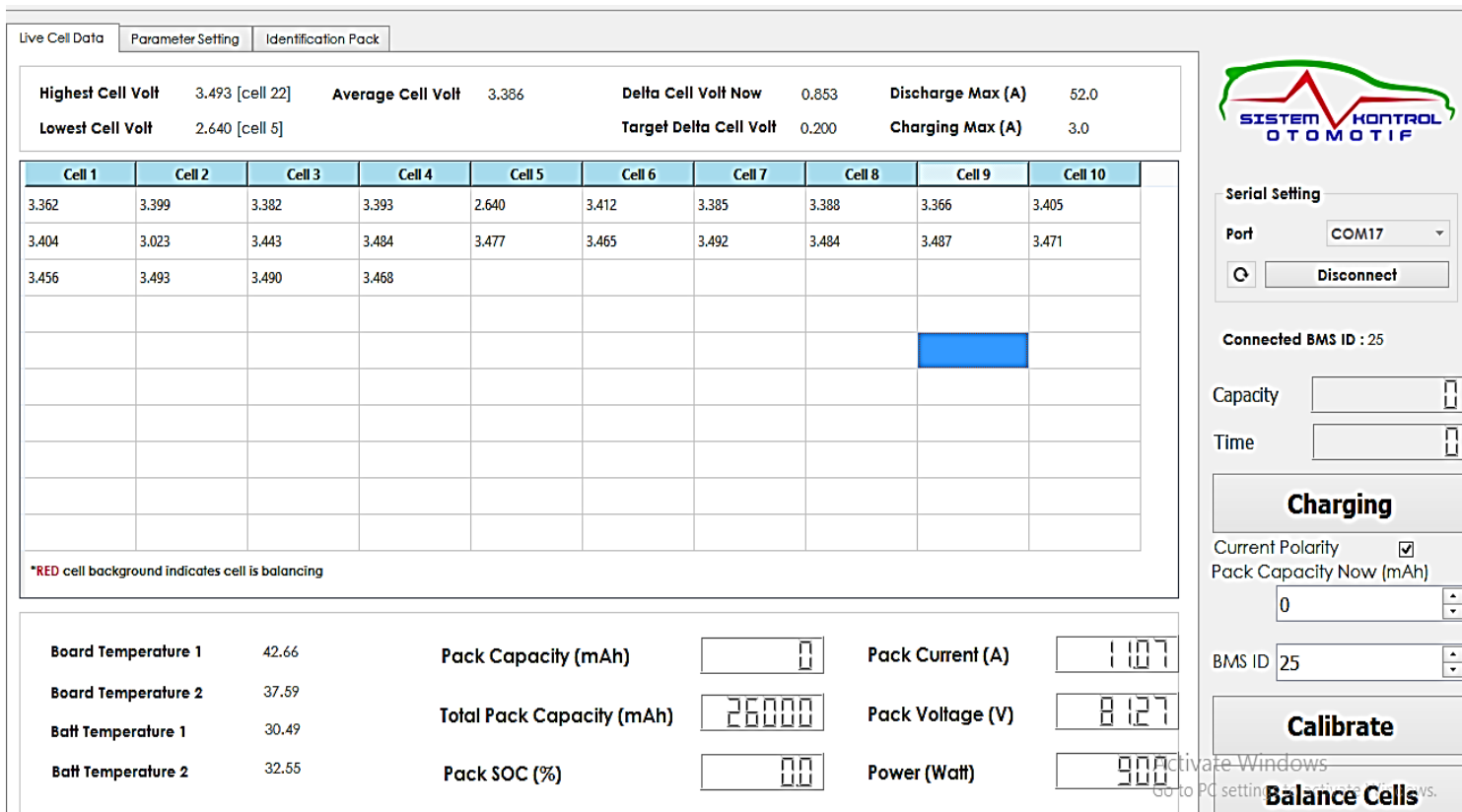
Cell5	Cell6	Cell7	Cell8	Cell9	Cell10	Cell11
8	9	10	11	12	13	14

Cell12	Cell13	Cell14	Cell15	Cell16	Cell217	Cell18
15	16	17	18	19	20	21

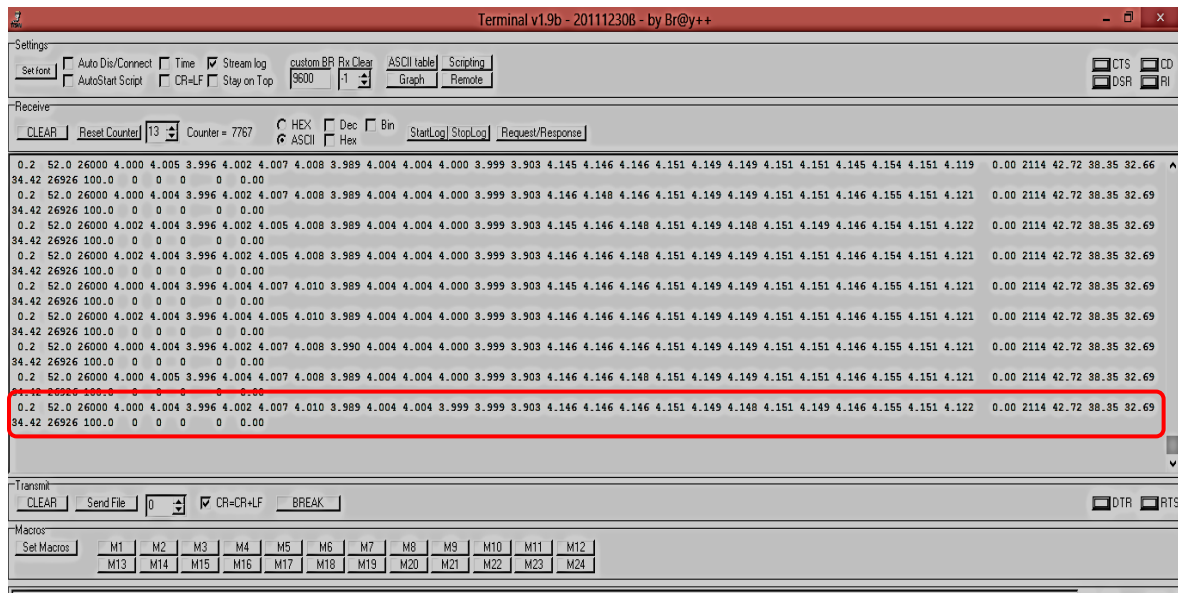
Cell19	Cell20	Cell21	Cell22	Cell23	Cell24	Pack Current
22	23	24	25	26	27	28

ADC Pack Current	Temp BMS 1	Temp BMS 2	Temp Batt 1	Temp Batt 2	Capacity	SOC
29	30	31	32	33	34	35

Melalui interface yang telah dibuat dapat diketahui berbagai data yang telah dibaca oleh sensor. GUI tersebut menampilkan data secara realyime. Data tersebut merupakan arus, tegangan , temperature pada board BMS. Serta arus, tegangan, temperature, SOC, kapasitas, daya dari baterai yang sedang melakukan proses pengisian.



Gambar 4.8 Kondisi baterai sebelum proses pengisian



Gambar 4.9 Proses Logger

4.2.1 Hasil Monitoring *Temperature Board BMS*

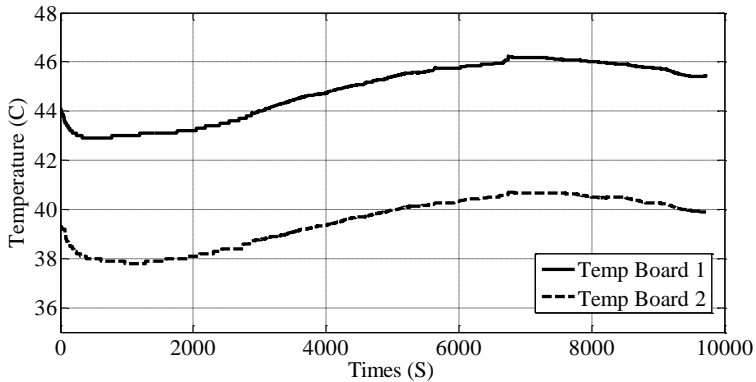
Pada board BMS terdapat dua sensor temperature. Hasil monitoring dan *logger* data untuk setiap temperature board seperti pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 Hasil Monitoring *Temperature BMS Board 1*

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	44.15°C	5000	45.42°C
500	42.90°C	5500	45.62°C
1000	43.00°C	6000	45.75°C
1500	43.10°C	6500	45.92°C
2000	43.20°C	7000	46.19°C
2500	43.50°C	7500	46.12°C
3000	43.90°C	8000	46.02°C
3500	44.4°C	8500	45.92°C
4000	44.73°C	9000	45.75°C
4500	45.06°C	9500	45.42°C

Tabel 4.5 Hasil Monitoring *Temperature BMS Board 2*

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	39.30°C	5000	39.98°C
500	38.00°C	5500	40.16°C
1000	37.80°C	6000	40.34°C
1500	37.90°C	6500	40.50°C
2000	38.10°C	7000	40.68°C
2500	38.40°C	7500	40.65°C
3000	38.70°C	8000	40.50°C
3500	39.09°C	8500	40.50°C
4000	39.35°C	9000	40.25°C
4500	39.68°C	9500	39.95°C



Gambar 4.10 Grafik Temperature Board BMS 1 dan 2

Dari kedua sensor yang terdapat pada board BMS menunjukkan kurva dengan bentuk yang tidak jauh berbeda. Kurva temperatur mengalami peningkatan bersamaan dengan proses pengisian. Artinya BMS mengalami kenaikan suhu akibat adanya proses pengisian. Karena dalam proses pengisian terjadi penyerapan energi. Semakin besar energi yang terserap maka temperature akan mengalami kenaikan.

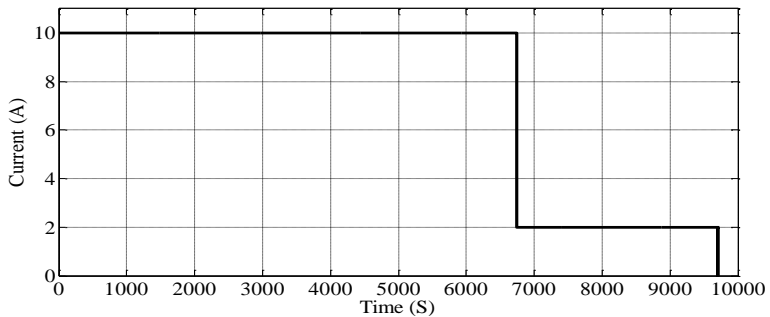
4.2.2 Hasil Monitoring *Charging Current*

Charging Current merupakan arus pengisian baterai. Dalam proses pengisian dilakukan perubahan arus pengisian dari 10A ke 2A saat voltage average baterai mengalami nilai maksimum. Hasil monitoring dan logger data untuk *pack current* seperti yang ada pada Tabel 4.6 Data yang ditampilkan pada tabel mewakili data logger yang didapat.

Grafik dari kurva *charging current* terlihat sangat rata diposisi 10A dan 2A. Kurva yang rata dikarenakan pada arus charging belum terpengaruh oleh hambatan dalam pada baterai. Pada sub bab *pack current* akan terlihat perbedaan antara *charging current* dengan *pack current*.

Tabel 4.6 Hasil Monitoring *Temperature BMS Board*

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	10A	5000	10A
500	10A	5500	10A
1000	10A	6000	10A
1500	10A	6500	10A
2000	10A	7000	2A
2500	10A	7500	2A
3000	10A	8000	2A
3500	10A	8500	2A
4000	10A	9000	2A
4500	10A	9500	2A



Gambar 4.11 Grafik Current Charging

4.3 Hasil dan Analisis Monitoring Battery

Bagian baterai yang dimonitoring saat proses pengisian adalah nilai cell voltage, pack current, kapasitas, SOC, dan daya yang digunakan. Data tersebut berasal dari hasil monitoring yang telah dilogger selama proses pengisian berlangsung.

4.3.1 Hasil Monitoring 24 Cell Voltage

Baterai pack yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 24 sel baterai yang disusun secara seri. Masing-masing baterai memiliki tegangan maksimum 4.2 volt. otal tegangan pada range antara 2.4 volt sampai dengan 100.8 volt selama proses pengisian berlangsung. Secara umum kondisi baterai yang baik pada saat pengisian memiliki kenaikan nilai tegangan yang tidak jauh beda untuk setiap sel baterai. Apabila terjadi perbedaan yang sangat jauh antara satu sel dengan sel baterai yang lain, indikasi adanya kapasitas baterai yang mengalami penurunan. Pada Gambar 4.11 akan ditampilkan kenaikan nilai tegangan 24 sel baterai yang disusun secara seri dalam satu pack baterai.

Pada grafik tegangan setiap sel baterai cenderung mengalami kenaikan secara konstan. Namun di saat tertentu nilai tegangan mengalami penurunan. Hal itu diakibatkan adanya sel yang kapasitasnya mulai berkurang. Tampak pada grafik sel baterai 12 selalu memiliki nilai tegangan yang paling rendah daripada sel yang lain. Jadi dalam satu pack baterai kondisi kapasitas setiap sel berbeda.

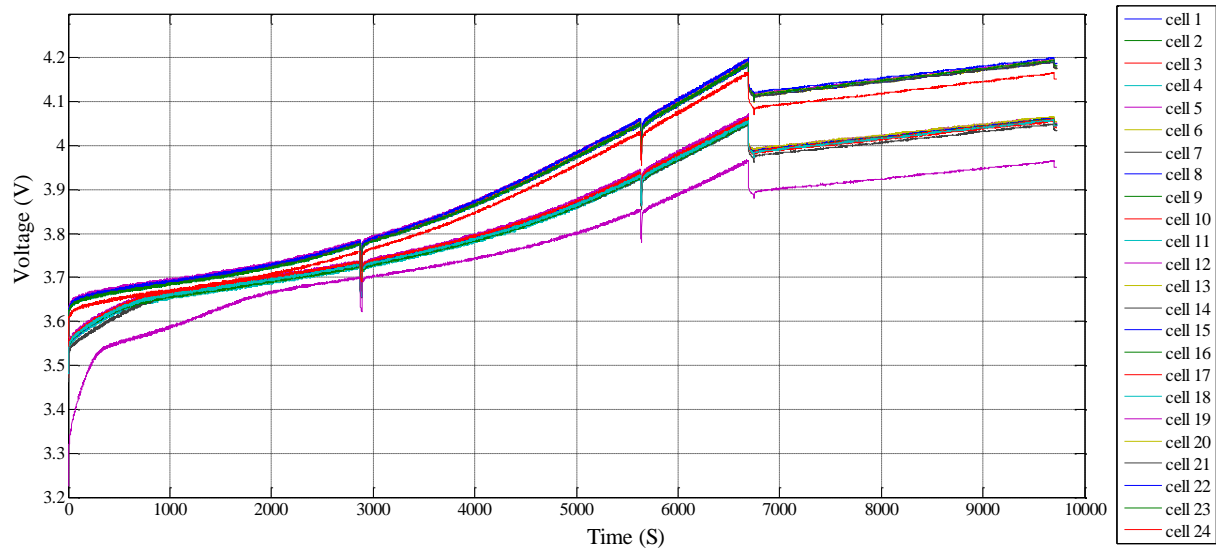
4.3.2 Hasil Monitoring Total Pack Voltage

Total pack voltage merupakan total tegangan dari keseluruhan cell. Pada baterai pack terdapat 24 cell. Dengan menghitung voltage average pada baterai pack maka didapat data seperti pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Monitoring *Pack Voltage*

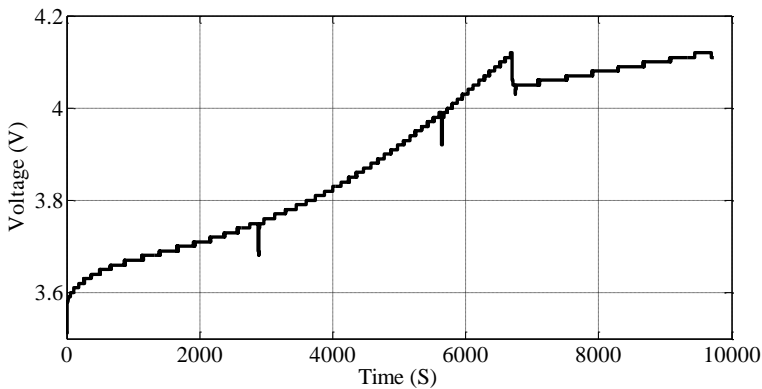
Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	3.51 V	5000	3.92 V
500	3.65 V	5500	3.97 V
1000	3.67 V	6000	4.03 V
1500	3.69 V	6500	4.09 V
2000	3.71 V	7000	4.05 V
2500	3.73 V	7500	4.07 V
3000	3.76 V	8000	4.08 V
3500	3.80 V	8500	4.09 V
4000	3.83 V	9000	4.10 V
4500	3.88 V	9500	4.12 V

Hasil Monitoring 24 Cell Voltage



Gambar 4.12 Grafik 24 Cell Voltage

Pada kurva tegangan saat *charging* dapat dilihat tegangan pada grafik tegangan naik dengan konstan. Jika mengacu pada datasheet baterai, terlihat tegangan memiliki kisaran yang cenderung linear. Perbedaan grafik dapat dikarenakan proses *charge* yang kurang sempurna dan kondisi baterai yang mulai berkurang kapasitasnya. Terlihat tegangan baterai saat mendekati peak sempat tidak konstan. Hal itu menandakan



Gambar 4.13 Grafik Pack Voltage Baterai

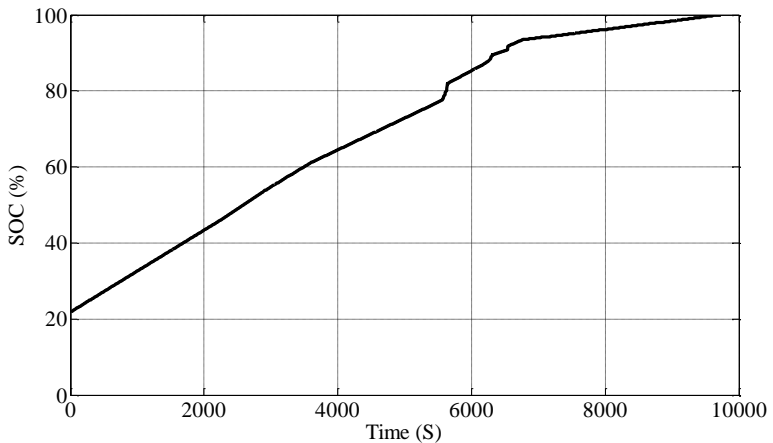
baterai sudah mencapai kapasitas *charge* maksimal nya. Pada saat mencapai peak tegangan kurva kembali turun kemudian mengalami kenaikan lagi. Hal ini disebabkan danya perubahan arus pengisian. Arus pengisian dirubah lebih rendah unuk dapat melakukan pengisian lebih maksimal. Waktu untuk mencapai tegangan maksimum dengan arus yang lebih rendah cenderung meiliki waktu yang lebih lama hal itu terlihat dari kurva bahwa kenaikan tidak secepat dengan menggunakan arus 10A.

4.3.3 Hasil Monitoring SOC

State of Charge (SOC) untuk mnengindikasikan level atau tingkat pengisian daya pada baterai. SOC biasanya dalam bentuk persen dari proses pengisian baterai. Hasil monitoring dan *logger* data untuk SOC seperti yang ada pada Tabel 4.8 Data yang ditampilkan pada tabel mewakili data *logger* yang didapat.

Tabel 4.8 Hasil Monitoring (*State of Charge*) SOC

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	21.4%	5000	72.4%
500	25.8%	5500	76.6%
1000	32.1%	6000	84.9%
1500	37.5%	6500	90.1%
2000	42.9%	7000	93.5%
2500	48.5%	7500	94.6%
3000	54.3%	8000	95.8%
3500	59.6%	8500	96.9%
4000	64%	9000	98%
4500	68.2%	9500	99.1%



Gambar 4.14 Grafik Kenaikan SOC Baterai

Kurva SOC akan selalu menunjukkankenaikan dai awal hingga proses pengisian berhenti. Walaupun terjadi perubahan nilai arus maupun tegangan. Hanya saja pada kenaikan SOC ini berhubungan

dengan waktu..Kemiringan kurva terlihat sangat besar gradiennya jika dibandingkan dengan kondisi baterai saat akan terisi penuh. Hal ini juga menandakan bahwa dengan arus yang lebih besar baterai akan terisi oleh muatan lebih cepat. SOC dalam bentuk persen, dan mengacu pada kapasitas baterai. Kapasitas baterai pada penelitian ini mencapai 26000mAh dalam kondisi maksimum.

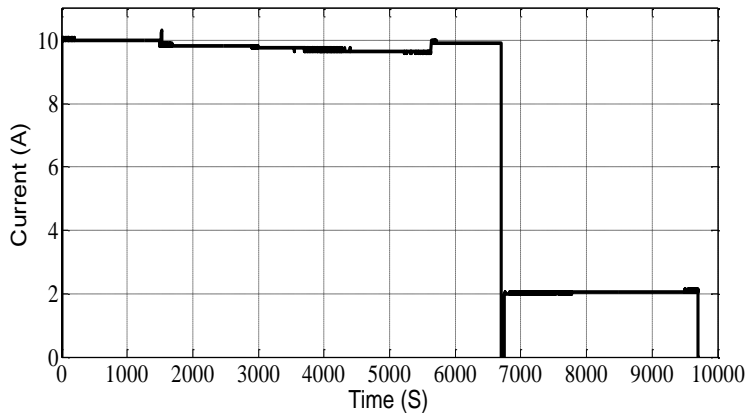
4.3.4 Hasil Monitoring *Pack Current*

Pack Current merupakan nilai arus pada baterai pack. Arus tersebut secara umum sama dengan arus pengisian (*charging current*), namun terdapat perbedaan yang sangat kecil dikarenakan adanya hambatan dalam pada baterai baterai. Tabel 4.9 berisi data pack curret selama proses pengisian.

Tabel 4.9 Hasil Monitoring *Pack Current*

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	0 A	5000	9.75
500	9.99 A	5500	9.75
1000	9.99A	6000	9.91A
1500	9.91A	6500	9.91A
2000	9.83A	7000	2.06A
2500	9.83A	7500	2.06A
3000	9.75A	8000	2.06A
3500	9.75A	8500	2.06A
4000	9.66A	9000	2.06A
4500	9.66A	9500	2.06A

Hasil grafik dapat diamati bahwa semakin besar kuat arus pada saat proses *charging*, maka semakin cepat pengisian baterai dilakukan. Hal ini dikarenakan energi listrik yang dialirkan dengan arus listrik yang besar lebih banyak dan lebih cepat dibandingkan dengan kuat arus yang kecil. Kurva pack current tidak rata pada nilai 10A sesuai *charging current* dikarenakan pada baterai terdapat hambatan dalam



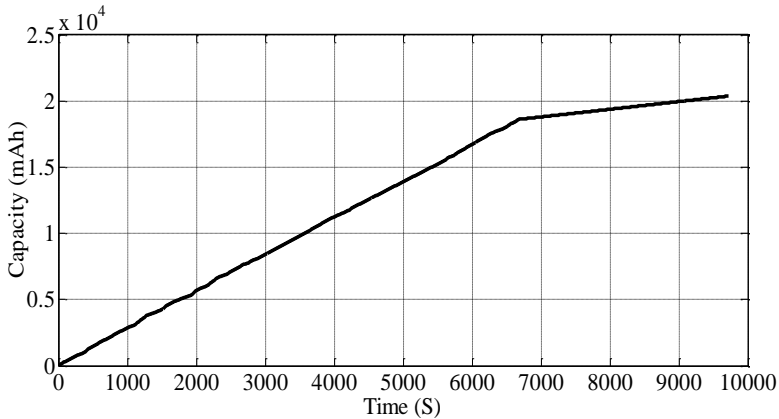
Gambar 4.15 Grafik Pack Current Baterai

4.3.5 Hasil Monitoring *Pack Capacity*

Pack capacity merupakan besarnya kapasitas baterai dalam menyimpan muatan. Satuan dari kapasitas adalah mAh. Tabel 4.10 Menunjukkan data penambahan kapasitas muatan dari awal sampai baterai pada kondisi penuh.

Tabel 4.10 Hasil Monitoring *Pack Capacity*

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	37	5000	11231
500	1442	5500	12549
1000	2847	6000	13882
1500	1442	6500	15216
2000	2847	7000	16705
2500	4218	7500	19083
3000	5662	8000	19373
3500	7082	8500	19663
4000	8407	9000	19953
4500	9793	9500	20243



Gambar 4.16 Grafik Kenaikan Kapasitas

Kurva pack capacity menunjukkan kenaikan yang signifikan dari awal hingga baterai hampir terisi penuh. Ketika baterai mendekati kondisi penuh, kenaikan capacity tidaklah signifikan dan besar. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas baterai yang mulai terisi penuh oleh muatan. Kurva capacity cenderung sama dengan kurva SOC.

4.3.6 Hasil Monitoring Daya

Daya listrik dinyatakan sebagai perkalian antara besarnya arus pengisian dengan tegangan baterai.

$$P = V I \quad (4.1)$$

Dimana :

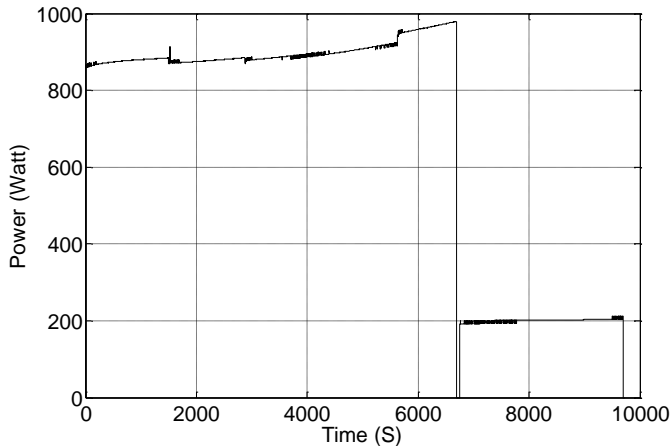
P = Daya Listrik (Watt)

V = Beda Potensial/Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

Maka pada monitoring ini untuk memperoleh nilai daya dengan cara mengalikan nilai pack current dengan pack voltage pada baterai. Dengan demikian akan didapatkan nilai daya di setiap waktu. Jadi yang mempengaruhi daya adalah arus pengisian baterai dan tegangan pada baterai. Dari persamaan daya diketahui bahwa daya (P) dan arus (I)

berbanding lurus. Semakin besar nilai arus semakin besar pula daya yang digunakan. Gambar 4. 13 merupakan grafik dari daya di setiap waktu yang bergantung dari besarnya nilai arus.



Gambar 4. 17 Daya yang terpakai selama pengisian

Grafik kurva daya tersebut menunjukkan bahwa dalam proses pengisian muatan daya mengalami kenaikan disetiap waktu sampling. Hal ini dipengaruhi dengan nilai tegangan yang mengalami kenaikan dari awal hingga mencapai puncak. Setelah mengganti arus nilai daya kembali turun dan cenderung konstan. Penurunan tersebut disebabkan nilai arus yang lebih rendah, sedangkan kurva yang konstan disebabkan kenaikan tegangan yang tidak signifikan karena keadaan baterai hampir terisi penuh.

Daya erat kaitannya dengan energi. Daya listrik dinyatakan sebagai banyaknya energi listrik untuk setiap satuan waktu. Maka energi yang terpakai dalam proses pengisian baterai merupakan luasan dari daerah dibawah kurva daya. Luasan tersebut merupakan total energi dengan satuan joule {J}.

$$E = P \Delta t$$

Dimana

E = Energi (joule atau ws)

P = Daya (watt atau J/s) t = Waktu (sekon)

Pengambilan data monitoring dilakukan setiap detik. Dengan sumbu X adalah waktu (sekon) dan sumbu Y adalah daya (watt). Maka setiap selang waktu (Δt) pada kurva tersebut memiliki luas daerah. Luas daerah di setiap waktu (sekon) merupakan energi, yang dapat dinyatakan dengan persamaan 4.2. Jumlah dari seluruh luas daerah merupakan besarnya energi yang digunakan pada proses pengisian baterai.

$$E = P_1 \Delta t + P_2 \Delta t + P_3 \Delta t + \dots + P_n \Delta t$$

$$= 6602920.10 \text{ Ws}$$

Dalam satuan Wh maka

$$E = 6602920.10 \text{ Ws} \times \frac{1}{3600}$$

$$= 1834.14 \text{ Wh}$$

4.3.7 Hasil Monitoring *Temperature Battery*

Selain BMS board, selama proses pengisian temperature baterai mengalami perubahan. Pada baterai pack juga dilengkapi dengan sensor temperature. Jumlah sensor ada dua dan dikhususkan untuk baterai pack yang berisi 24 cell.

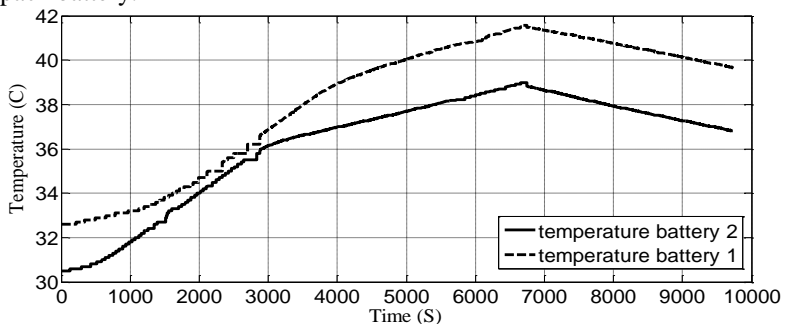
Tabel 4.11 Hasil Monitoring *Temperature Pack Battery 1*

Waktu (S)	Hasil Monitoring	Waktu (S)	Hasil Monitoring
1	30.50 °C	5000	37.71 °C
500	30.80 °C	5500	38.09 °C
1000	31.80 °C	6000	38.44 °C
1500	32.70 °C	6500	38.85 °C
2000	34.00 °C	7000	38.64 °C
2500	35.20 °C	7500	38.29 °C
3000	36.16 °C	8000	37.94 °C
3500	36.61 °C	8500	37.59 °C
4000	36.96 °C	9000	37.25 °C
4500	37.33 °C	9500	36.95 °C

Tabel 4.12 Hasil Monitoring *Temperature Pack Baterai 2*

Urutan Sampling	Hasil Monitoring	Urutan Sampling	Hasil Monitoring
1	32.60 °C	5000	40.04 °C
500	32.90 °C	5500	40.50 °C
1000	33.20 °C	6000	40.83 °C
1500	33.80 °C	6500	45.95 °C
2000	34.70 °C	7000	41.35 °C
2500	35.60 °C	7500	41.35 °C
3000	36.84 °C	8000	41.07 °C
3500	37.97 °C	8500	40.47 °C
4000	38.91 °C	9000	40.13 °C
4500	39.56 °C	9500	39.83 °C

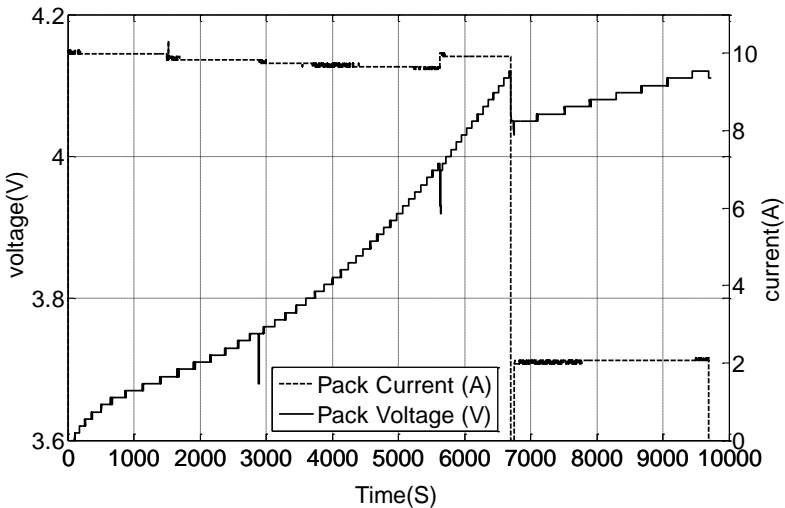
Pada kurva grafik suhu saat *charge*, dapat dilihat suhu cenderung konstan sampai saat mendekati waktu ketika tegangan mencapai puncak (peak). Kurva suhu mengalami penurunan mengikuti turunnya arus pengisian. Maka selama proses pengisian suhu akan cenderung mengalami kenaikan, hal ini menyebabkan panas yang berlebih pada baterai. Oleh karena itu dalam proses pengisian perlu adanya batas maksimum tegangan untu mencegah terjadinya panas yang berlebih. Pada gambar 4.17 akan ditampilkan grafik temperature dari pack battery.



Gambar 4.1 Grafik Temperature Battery

4.4 Analisis Perbandingan Pack Current dengan Pack Voltage

Hasil monitoring pack current dan pack voltage yang diperoleh selama proses pengisian diplot dalam satu grafik. Dari grafik tersebut diharapkan memperoleh perbandingan karakter dari arus dan tegangan baterai selama proses pengisian. Gamabr 4.18 menunjukkan perbandingan antara arus dan tegangan saat pengisian.

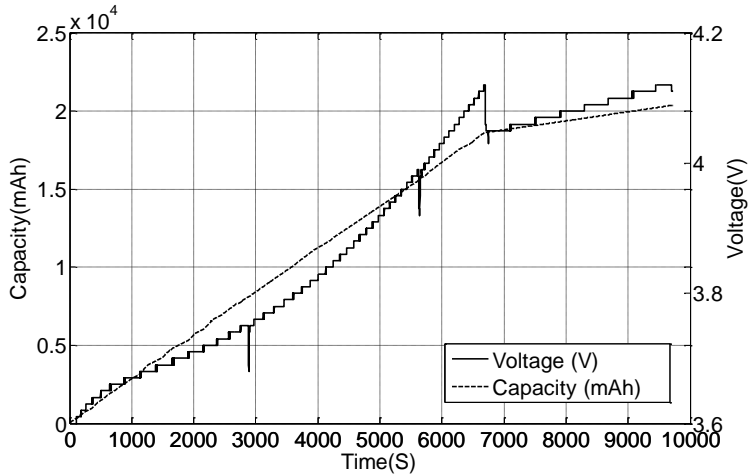


Gambar 4. 19 Perbandingan Grafik Pack Current dengan Pack Voltage

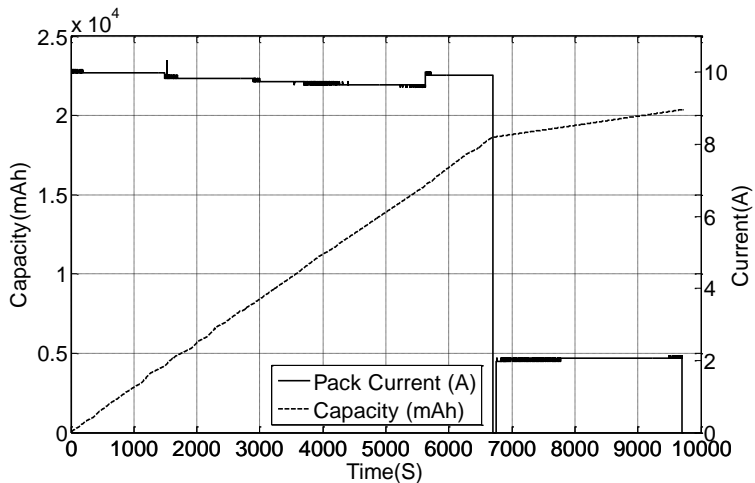
Berdasarkan hasil grafik, kurva antra arus dan tegangan memiliki karakter yang berlawanan. Kurva arus cenderung konstan dari awal jingga terakhir, hanya saja mengalami perubahan nilai dari 10A ke 2A. Sedangkan kurva tegangan mengalami kenaikan selama proses pengisian. Kecepatan proses pengisian juga dipengaruhi besarnya arus pengisin. Dari gambar kurva dapat diamati bearnya kemiringan grafik yang menandakan lama waku pengisian. Dengan arus 10A makan kurv akan lebih cepat untuk mencapai tegangan maksimum.

4.5 Analisis Perbandingan Pack Capacity dengan Pack Voltage dan Pack Current

Pada sub bab ini akan dilihat perbandingan antara kapasitas baterai dengan tegangan. Yang kedua yaitu perbandingan antara kapasitas baterai dengan arus pengisian. Kedua grafik ditunjukkan seperti pada gambar 4.19 dan 4.20



Gambar 4.20 Perbandingan Grafik Kenaikan Kapasitas dengan Kenaikan Tegangan

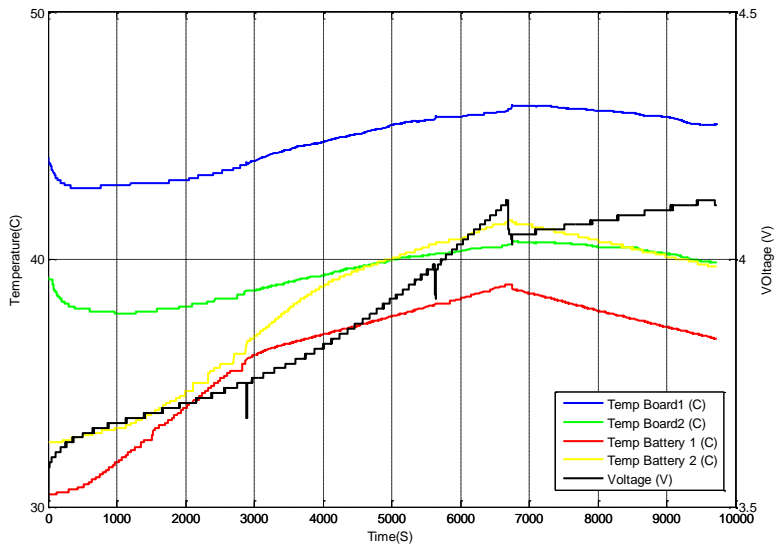


Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Pack Capacity dengan Pack Current

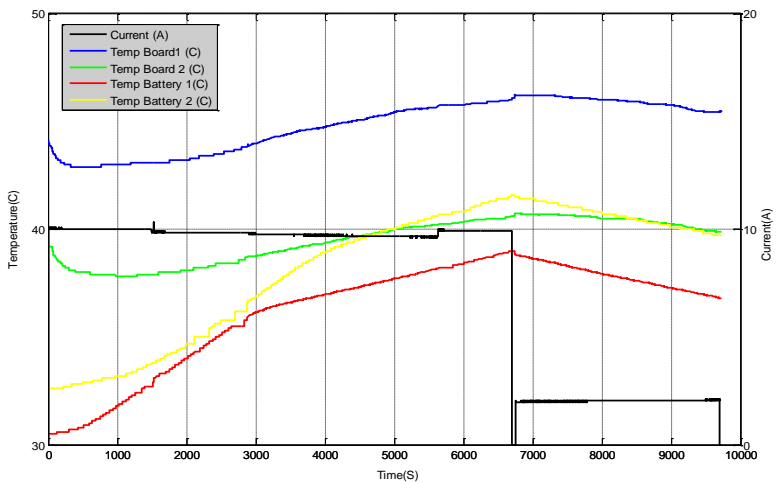
Grafik kenaikan kapasitas menandakan proses terisinya muatan baterai hingga baterai terisi penuh. Kurva yang dihasilkan menunjukkan bahwa kapasitas kenaikan nya sesuai dengan kenaikan tegangan. Bahkan ketika terjadi penurunan kurva dan perlambatan proses pengisian, kurva kapasitas juga mengalami perubahan yang sama. Hal itu terjadi karena muatan bergantung pada nilai arus pengisian. Sedangkan arus pada proses pengisian dipengaruhi oleh nilai tegangan.

4.6 Analisis Perbandingan *Temperature BMS*, *Temperature Battery* dengan *Pack Voltage* dan *Pack Current*

Dari kedua kurva baik arus maupun tegangan keduanya berpengaruh terhadap kenaikan temperatur baterai dan BMS. Kenaikan temperatur terjadi karena adanya perpindahan energi pada proses pengisian muatan baterai. Selama proses pengisian energi yang berpindah ke dalam baterai semakin bertambah. Hal ini akan dibarengi dengan naiknya temperatur baik di BMS maupun baterai pack. Pada bab III dijelaskan letak sensor terdapat pada modul pengukur temperatur. Terdapat dua sensor baik pada board BMS maupun baterai pack. Modul pengukur temperatur tersebut merupakan bagian dari rangkaian BMS sehingga letaknya pada board BMS itu sendiri, sedangkan pada baterai pack sensor diletakkan pada bagian atas dan bawah pack. Namun desain setiap pack baterai memiliki desain dan letak yang berbeda.



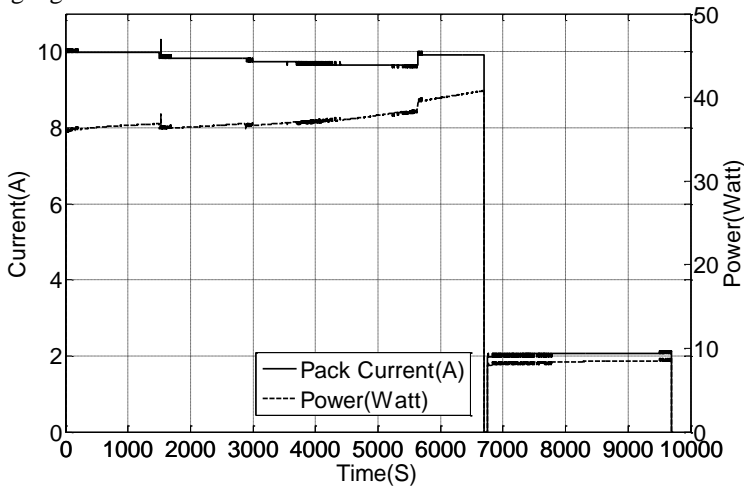
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Temperature dengan Pack Voltage



Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Temperature dengan Pack Current

4.7 Analisis Perbandingan Pack Current dengan Daya yang Terpakai

Pada analisis ini penulis membandingkan kurva arus dengan kurva daya. Kurva daya didapat dari perkalian antara nilai tegangan dan arus charging. Dari kurva yang ada arus an tegangan sangat mmpengaruhi nilai daya yang didapat. Kurva daya mengalami kenaikan dan penurunan ketika adanya perubahan arus dan tegangan. Ketika proses pengisian tegangan mengalami kenaikan dan arus berada pada nilai konstan yaitu 10A maka kurva daya mengalami kenaikan akibat faktor pengali degan tegangan.



Gambar 4.24 Grafik perbandingan nilai pack current dan daya (P)

4.8 Manajemen Energi dengan Pengaturan BMS

Berdasarkan grafik arus dan daya diketahui bahwa arus pengisian akan mempengaruhi lama waktu pengisian baterai. Hal ini akan berdampak pada daya dan energi total yang dipakai selama proses pengisian. Hal ini sesuai dengan persamaan daya dan energi total. Daya listrik dinyatakan sebagai banyaknya energi listrik untuk setiap satuan waktu

$$P = \frac{W}{T} \quad (4.2)$$

Dimana :

P	= Daya Listrik (Watt)
W	= Energi Listrik (Joule atau Watt/seko)
T	= Waktu (sekon)

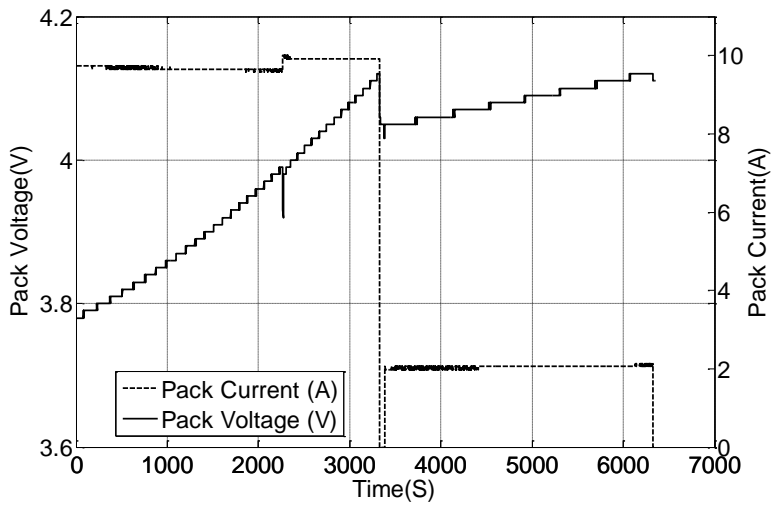
Persamaan ini mendasari penulis untuk melakukan pengaturan pada BMS guna mendapatkan proses pengisian dengan energi yang lebih kecil. Pengaturan BMS ada 2 yakni *constavt voltage* dan *constant current*. Data dan grafik pada sub bab 4.3 menunjukkan bahwa pengaturan BMS yang digunakan adalah *constant current*. Arus cenderung konstan selama waktu pengisian yakni 10A dan 2A.

Ketika tegangan mendekati nilai 4.2V yang merupakan setting maksimum dari tegangan, proses pengisian berhenti secara otomatis. Hal ini dilakukan untuk mencegah over voltage pada saat pengisian baterai. Over voltage jika dibiarkan dapat mengakibatkan baterai mengalami kerusakan dan meningkatkan suhu baterai. Oleh sebab itu dalam proses pengisian diatur nilai maksimum tegangan sebagai batasan.

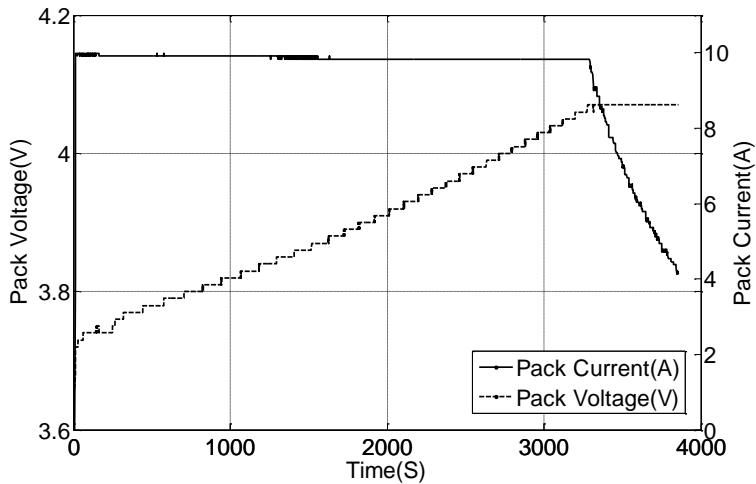
Arus yang lebih rendah dapat melanjutkan proses pengisian baterai namun waktu pengisian cenderung lebih lama. Penulis mengganti nilai arus dari 10A ke 2A supaya proses pengisian dapat berlangsung kembali dan lebih maksimal. Penggantian nilai arus ini dilakukan secara manual dengan menginputkan nilai arus pengisian melalui program.

Pada sub bab ini penulis akan melakukan pengaturan arus secara otomatis tanpa melakukan input arus secara manual. Arus pengisian diatur supaya turun secara bertahap hingga kondisi baterai terisi secara maksimal. Penulis menentukan setting tegangan maksimum sebesar 4.2V. Dan penurunan arus terjadi apabila tegangan mendekati nilai 4.2V namun penurunan ini akan dilakukan secara otomatis. Dari penelitian ini didapatkan grafik *pack current* dan *pack voltage* seperti pada gambar 4.22

Setelah dilakukan pengaturan pada BMS. Didapatkan grafik penurunan arus yang bertahap. Arus yang semula 10A ketika tegangan melebihi 4V dan mendekati nilai 4,2V, arus cenderung turun secara bertahap hingga SOC baterai bernilai 100%. Hal ini mencegah over voltage dan kenaikan suhu baterai yang dapat mengakibatkan kerusakan. Selain itu bila melihat waktu pengisian cara ini memiliki waktu yang lebih cepat dibanding dengan data pada sub bab sebelumnya.



Gambar 4.25 Grafik Arus dan Tegangan sebelum Pengaturan BMS



Gambar 4.26 Grafik Arus dan Tegangan setelah Pengaturan BMS

Daya yang dihasilkan dari grafik 4.24 dengan 4.25 dapat dihitung menggunakan persamaan 4.2. dan hasil yang idapat

- Penghitunagn energi pada pecobaan tanpa pengaturan BMS

$$E = P \Delta t$$

$$E = P_1 \Delta t + P_2 \Delta t + P_3 \Delta t \dots \dots \dots + P_n \Delta t$$

$$E = 3652244 \text{ Ws}$$

Dalam satuan Wh maka

$$E = 3652244 \text{ Ws} \times \frac{1}{3600}$$

$$= 1014.512 \text{ Wh}$$

- Penghitunagn energi pada pecobaan dengan pengaturan BMS

$$E = P \Delta t$$

$$E = P_1 \Delta t + P_2 \Delta t + P_3 \Delta t \dots \dots \dots + P_n \Delta t$$

$$E = 3379072.9 \text{ Ws}$$

Dalam satuan Wh maka

$$E = 3379072.908 \text{ Ws} \times \frac{1}{3600}$$

$$= 938.63 \text{ Wh}$$

-----*Halman ini sengaja dikosongkan*

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada tugas akhir ini telah didesain sistem monitoring pada baterai di stasiun pengisian kendaraan listrik. Desain terdiri dari konfigurasi *hardware* dan *software*.

1. Desain Sistem monitoring pengisian baterai mampu bekerja sesuai dengan sensor yang terpasang. Dari hasil pengujian dapat mengukur tegangan DC hingga 4.2 volt pada setiap sel baterai. Dengan error 0,2%. Dan mampu mengukur arus DC hingga 10A dengan error 0.3%.
2. Manajemen energi pada penelitian ini dilakukan dengan pengaturan BMS, yaitu untuk mendapatkan penurunan nilai arus secara konstan ketika tegangan baterai mencapai (*peak*). Untuk pengaturan BMS menggunakan dua metode yakni *constant current* dan *constant voltage*. Jika dibandingkan pengaturan ini berdampak pada lama waktu pengisian, proses pengisian tanpa pengaturan membutuhkan waktu 6726s dan energi sebesar 1014.512 Wh. Sedangkan proses setelah pengaturan arus pada BMS membutuhkan waktu 3860s dan energi sebesar 938.63 Wh
3. *Interface* monitoring pengisian baterai yang dibangun menggunakan *software* GUI yaitu Qt Creator dan memanfaatkan topologi CAN Bus telah mampu melakukan pembacaan terhadap nilai yang disensing oleh masing-masing sensor. Data yang didapatkan dari monitoring ini berupa data *logger*. Sehingga diperoleh nilai dari masing-masing sensor secara *realtime*.

5.2 Saran

Penelitian ini merupakan bagian dari charging station, namun untuk sementara waktu outlet dari charging station masih dalam tahap pembuatan. Diharapkan untuk penelitian kedepan dapat melakukan pengujian langsung pada outlet charging station.

Penelitian selanjutnya diharapkan memiliki desain monitoring yang memiliki fitur interface yang lebih lengkap dan modern, sehingga mudah penggunaannya.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode pengaturan BMS yang lain diharapkan dapat memperbaiki sistem pengisian baterai.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

Daftar Pustaka

- [1] F. Anindhita, Adiarso, A. Sugiyono, and M. S. Boedoyo, *Outlook Energi Indonesia*, no. November. 2015.
- [2] T. B. David, Linden and Reddy, *Handbook Of Batteries*, 3rd Edit i. The McGraw-Hill Companies, Inc, 2001.
- [3] J. Kamp, "Final Design Report: CAN Lighting System," no. May, p. 64, 2015.
- [4] A. F. Farizy and D. A. Asfani, "Desain Sistem Monitoring State of Charge Baterai pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperature," vol. 5, no. 2, 2016.
- [5] D. Wahjudi, M. Eng, P. Studi, S. Desain, F. Seni, and D. Fsrdr, "Desain Perangkat Pengisian Baterai mobil listrik Dengan Pendekatan Efisiensi Lahan Dan Fleksibilitas Produk," *J. Tingkat Sarj. FSRD ITB*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2012.
- [6] S. Said, "Outlook Energi Indonesia 2014," D. E. N. R. Indonesia, Ed., ed, 2014.
- [7] X. W. B. Zhu, "The Research of Vehicle Power Li-ion Battery Pack Balancing Method," presented at the The Ninth International Conference on Electronic Measurement & Instruments, Shanghai, Cao'an road 4800, China, 2009.
- [8] D. Deng, "Li-ion batteries: basics, progress, and challenges," Department of Chemical Engineering and Materials Science, Wayne State University, Detroit, Michigan 482022015.
- [9] Y. P. Richard C.Cope, "The Art of Battery Charging," 1999.
- [10] D. L. a. J. T. Yong Tian, "A Comparative Study of State-of-Charge Estimation Algorithms for Lithium-ion Batteries in Wireless Charging Electric Vehicles," Graduate School, College of Optoelectronic Engineering, Shenzhen University, Shenzhen, P.R. China, 2016.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

LAMPIRAN

Lampiran A	: Listing Program Komunikasi CAN BUS
Lampiran B	: Listing Program Konfigurasi CAN
Lampiran C	: Listing Program Kontrol Arus BMS
Lampiran D	: Data Sheet Baterai Panasonic NCR18650B
Lampiran E	: Data Sheet CAN to USB

LAMPIRAN A

```
void BtSerial::btReadSocket()
{
    static unsigned char parserState;
    static uint8_t index;
    unsigned char dataChar;
    QByteArray dataArray;
    QString buffer;
    dataArray = btSocket->readAll();

    for (int i = 0; i < dataArray.length(); i++)
    {
        dataChar = dataArray[i];
        switch (parserState)
        {
            case 0:
                if (dataChar == '(')
                {
                    parserState = 1;
                    serialPacketBlockIndex = 0;
                    index = 0;
                    buffer.clear();
                    dataAvailable = false;
                    serialBuffer.clear();
                }
                break;
            case 1:

                serialPacketBlock[serialPacketBlockIndex] =
                ascii_to_hex(dataChar) << 4;
```

```

        parserState = 2;
        break;
    case 2:
        if (dataChar == ' ')
        {
            for (int i=0;
i<serialPacketBlockIndex; i++)

serialBuffer.append(QString::number(serialPacket
Block[i],16));

            dataAvailable = true;
            for (int i=0;
i<serialPacketBlockIndex; i++)
                serialPacketBlock[i] = '
';

            parserState = 0;

serialBuffer.fromLatin1("qwerty");
            emit readyRead();
            return;
        }
        else if (dataChar == ' ')
            parserState = 1;
        else
        {

serialPacketBlock[serialPacketBlockIndex] |=
ascii_to_hex(dataChar);
            serialPacketBlockIndex++;
            index++;
            parserState = 2;
        }
        break;
    default:
        parserState = 0;
    }
}
}

```

```

unsigned char   BtSerial::ascii_to_hex(unsigned
char data)
{
    if ((data >= '0') && (data <= '9' )) {
        // Numbers (0-9)
        data -= '0';
    } else if ((data >= 'A') && (data <= 'F' ))
{
        // Uppercase (A-F)
        data = data - 'A' + 10;
    } else if ((data >= 'a') && (data <= 'f' ))
{
        // Lowercase (a-f)
        data = data - 'a' + 10;
    } else {
        // Illegal
        data = 0;
    }

    return data;}

```

LAMPIRAN B

```

GPIO_InitTypeDefGPIO_InitStructure;
//NVIC_InitTypeDefNVIC_InitStructure;
CAN_InitTypeDefCAN_InitStructure;
CAN_FilterInitTypeDefCAN_FilterInitStructure;
/*          CAN          GPIOs          configuration
*****/
/* Connect CAN pins to AF7 */
GPIO_PinAFConfig(CAN_GPIO_PORT,   CAN_RX_SOURCE,
CAN_AF_PORT);
GPIO_PinAFConfig(CAN_GPIO_PORT,   CAN_TX_SOURCE,
CAN_AF_PORT);
/* Configure CAN RX and TX pins */
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = CAN_RX_PIN | CAN_TX_PIN;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;

```

```

GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd =GPIO_PuPd_UP;
GPIO_Init(CAN_GPIO_PORT, &GPIO_InitStructure);
/*                                CAN                                configuration
*****/

/* Enable CAN clock */
RCC_APB1PeriphClockCmd(CAN_CLK, ENABLE);
/* CAN register init */
//CAN_DeInit(CANx);
CAN_StructInit(&CAN_InitStructure);
/* CAN cell init */
CAN_InitStructure.CAN_TTCM = DISABLE;
CAN_InitStructure.CAN_ABOM = DISABLE;
CAN_InitStructure.CAN_AWUM = DISABLE;
CAN_InitStructure.CAN_NART = DISABLE;
CAN_InitStructure.CAN_RFLM = DISABLE;
CAN_InitStructure.CAN_TXFP = DISABLE;
CAN_InitStructure.CAN_Mode = CAN_Mode_Normal;
CAN_InitStructure.CAN_SJW = CAN_SJW_1tq;
/* CAN Baudrate = 1Mbps (CAN clocked at 36 MHz) */
CAN_InitStructure.CAN_BS1 = CAN_BS1_8tq;
CAN_InitStructure.CAN_BS2 = CAN_BS2_5tq;
CAN_InitStructure.CAN_Prescaler = 6;
CAN_Init(CANx, &CAN_InitStructure);
/* CAN filter init */
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterNumber = 0;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterMode
CAN_FilterMode_IdMask;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterScale
CAN_FilterScale_32bit;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterIdHigh = 0x0000;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterIdLow = 0x0000;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterMaskIdHigh = 0x0000;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterMaskIdLow = 0x0000;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterFIFOAssignment = 0;
CAN_FilterInitStructure.CAN_FilterActivation = ENABLE;
CAN_FilterInit(&CAN_FilterInitStructure);
/* Transmit Structure preparation */
Transmit_Init ();

```

```

/* Mengaktifkan FIFO 0 message pending Interrupt */
CAN_ITConfig(CANx, CAN_IT_FMP0, ENABLE);

```

LAMPIRAN C

```

if ((adcRate0 > adcOffset-4)&&(adcRate0 < adcOffset+4))
adcRate0 = adcOffset; //for filter error offset
voltageOffset = (float)((V_REG / 4095.0)*adcOffset);
current=-((float)((GET_OUT_VOLTAGE1()-
voltageOffset)*1000/9.750919963));

Q = (float)current/36; // per 100 ms -- mAh
Capacity = LastCapacity - Q ;

PackmAh = PackAh2*1000;
SOC=(float)(Capacity/PackmAh)*100;

if((voltageHighest>((MaxCell*2/3))-
30)&&(flagoverlap==1)&&(voltageHighest<4096)&&(flagCharge==1)
)
{
    MaxCurrent-=1;
    if (MaxCurrent==20) MaxCurrent=20;
    if (voltageHighest>(MaxCell*2/3))
    {
        flagChargingPermitted=1;    }
}

```

LAMPIRAN D

High Capacity type

TENTATIVE

Cell Type NCR18650B

Specification

Dimensions(Typ.)	H	64.93mm
of	D	18.2mm
Bare Cell	d	7.9 mm

Discharged State after Assembling

Rated Capacity		*at 20deg.C	Mn.3200mAh	
Nominal Capacity		*at 25deg.C	Mn.3250mAh Typ.3400mAh	
Nominal Voltage			3.6V	
Charging Method			Constant Current -Constant Voltage	
Charging Voltage			4.2V	
Charging Current			Std.1625mA	
Charging Time			4.0hrs.	
Ambient Temperature	Charge		10 ~ +45°C	
	Discharge		-20 ~ +60°C	
	Storage		-20 ~ +50°C	
Weight (Max.)			47.5g	
Dimensions (Max.)*	(D)	18.25mm	*without tube	
		18.50mm	*with tube	
	(H)	65.10mm	*without tube	
		65.30mm	*with tube	
Volumetric Energy Density			676Wh/l	
Gravimetric Energy Density			243Wh/kg	

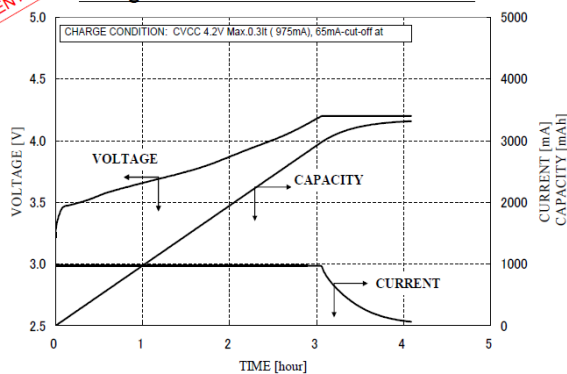
*Maximum size without tube

Panasonic Ideas for life

The data in this document is for descriptive purposes only and is not intended to make or imply any guarantee or warranty.

Charge Characteristics for NCR18650B

TENTATIVE



Panasonic Ideas for life

The data in this document is for descriptive purposes only and is not intended to make or imply any guarantee or warranty.

LAMPIRAN E

STM32F405xx, STM32F407xx

Electrical characteristics

Table 88. Dynamic characteristics: Ethernet MAC signals for MII⁽¹⁾

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$t_{M(RXD)}$	Receive data setup time	9		-	ns
$t_{H(RXD)}$	Receive data hold time	10		-	
$t_{M(DV)}$	Data valid setup time	9		-	
$t_{H(DV)}$	Data valid hold time	8		-	
$t_{M(ER)}$	Error setup time	6		-	
$t_{H(ER)}$	Error hold time	8		-	
$t_9(TXEN)$	Transmit enable valid delay time	0	10	14	
$t_9(TXD)$	Transmit data valid delay time	0	10	15	

1. Guaranteed by characterization.

5.3.20 CAN (controller area network) interface

Refer to Section 6.3.16: I/O port characteristics for more details on the input/output alternate function characteristics (CANTX and CANRX).

5.3.21 12-bit ADC characteristics

Unless otherwise specified, the parameters given in Table 87 are derived from tests performed under the ambient temperature, f_{CLK} frequency and V_{DDA} supply voltage conditions summarized in Table 14.

Table 87. ADC characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{DDA}	Power supply	-	1.8 ⁽¹⁾	-	3.6	V
V_{REF+}	Positive reference voltage	-	1.8 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	-	V_{DDA}	
V_{REF-}	Negative reference voltage	-	-	0	-	
f_{ADC}	ADC clock frequency	$V_{DDA} = 1.8^{(1)(2)}$ to 2.4 V	0.6	15	18	MHz
		$V_{DDA} = 2.4$ to 3.6 V ⁽²⁾	0.6	30	36	MHz
$f_{TRIG}^{(4)}$	External trigger frequency	$f_{ADC} = 30$ MHz, 12-bit resolution	-	-	1754	KHz
		-	-	-	17	1/ f_{ADC}
V_{AIN}	Conversion voltage range ⁽⁵⁾	-	0 (V_{DDA} or V_{REF+} tied to ground)	-	V_{REF+}	V
$R_{AIN}^{(4)}$	External input impedance	See Equation 1 for details	-	-	50	kΩ
$R_{ADC}^{(4)(6)}$	Sampling switch resistance	-	-	-	6	kΩ
$C_{ADC}^{(4)}$	Internal sample and hold capacitor	-	-	4	-	pF

Table 87. ADC characteristics (continued)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
$t_{\text{INJ}}^{(4)}$	Injection trigger conversion latency	$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$	-	-	0.100	μs
			-	-	3 ⁽⁷⁾	$1/f_{\text{ADC}}$
$t_{\text{REG}}^{(4)}$	Regular trigger conversion latency	$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$	-	-	0.067	μs
			-	-	2 ⁽⁷⁾	$1/f_{\text{ADC}}$
$t_s^{(4)}$	Sampling time	$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$	0.100	-	16	μs
		-	3	-	480	$1/f_{\text{ADC}}$
$t_{\text{STAB}}^{(4)}$	Power-up time	-	-	2	3	μs
$t_{\text{CONV}}^{(4)}$	Total conversion time (including sampling time)	$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$ 12-bit resolution	0.50	-	16.40	μs
		$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$ 10-bit resolution	0.43	-	16.34	μs
		$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$ 8-bit resolution	0.37	-	16.27	μs
		$f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$ 6-bit resolution	0.30	-	16.20	μs
		9 to 482 (t_s for sampling +n-bit resolution for successive approximation)				
$f_s^{(4)}$	Sampling rate ($f_{\text{ADC}} = 30 \text{ MHz}$, and $t_s = 3 \text{ ADC cycles}$)	12-bit resolution Single ADC	-	-	2	Mbps
		12-bit resolution Interleave Dual ADC mode	-	-	3.75	Mbps
		12-bit resolution Interleave Triple ADC mode	-	-	6	Mbps
$I_{\text{REFP}}^{(4)}$	ADC V_{REFP} DC current consumption in conversion mode	-	-	300	500	μA
$I_{\text{VDDA}}^{(4)}$	ADC V_{DDA} DC current consumption in conversion mode	-	-	1.6	1.8	mA

1. $V_{\text{DDA}}/V_{\text{DDA}}$ minimum value of 1.7 V is obtained when the device operates in reduced temperature range, and with the use of an external power supply supervisor (refer to Section : Internal read OFF).

2. It is recommended to maintain the voltage difference between V_{REFP} and V_{DDA} below 1.8 V.

3. $V_{\text{DDA}} - V_{\text{REFP}} < 1.2 \text{ V}$.

4. Guaranteed by characterization.

5. V_{REFP} is internally connected to V_{DDA} and V_{REFP} is internally connected to V_{SSA} .

6. If f_{ADC} maximum value is given for $V_{\text{DDA}}=1.8 \text{ V}$, and minimum value for $V_{\text{DDA}}=3.3 \text{ V}$.

7. For external triggers, a delay of $1/f_{\text{CLK}}$ must be added to the latency specified in Table 87.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama	: Giri Sasongko S S
Tempat Tanggal Lahir	: 07111645000001
Jenis Kelamn	: Laki-laki
Agama	: Islam
Alamt Rumah	: Banyu Urip Wetan 4/51 A
Telepon	: 081331684589
Email	: girisasongko2012@gmail.com

Latar Belakang Pendidikan :

-SD Muhammadiyah 4 Pucang Surabaya	2000-2006
-SMP Negeri 2 Surabaya	2006-2009
-SMA Negeri 9 Surabaya	2009-2012
-D3 Teknk Elektro ITS	2012-2016

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----